Acerca de este libro

Esta es una copia digital de un libro que, durante generaciones, se ha conservado en las estanterías de una biblioteca, hasta que Google ha decidido escanearlo como parte de un proyecto que pretende que sea posible descubrir en línea libros de todo el mundo.

Ha sobrevivido tantos años como para que los derechos de autor hayan expirado y el libro pase a ser de dominio público. El que un libro sea de dominio público significa que nunca ha estado protegido por derechos de autor, o bien que el período legal de estos derechos ya ha expirado. Es posible que una misma obra sea de dominio público en unos países y, sin embargo, no lo sea en otros. Los libros de dominio público son nuestras puertas hacia el pasado, suponen un patrimonio histórico, cultural y de conocimientos que, a menudo, resulta difícil de descubrir.

Todas las anotaciones, marcas y otras señales en los márgenes que estén presentes en el volumen original aparecerán también en este archivo como testimonio del largo viaje que el libro ha recorrido desde el editor hasta la biblioteca y, finalmente, hasta usted.

Normas de uso

Google se enorgullece de poder colaborar con distintas bibliotecas para digitalizar los materiales de dominio público a fin de hacerlos accesibles a todo el mundo. Los libros de dominio público son patrimonio de todos, nosotros somos sus humildes guardianes. No obstante, se trata de un trabajo caro. Por este motivo, y para poder ofrecer este recurso, hemos tomado medidas para evitar que se produzca un abuso por parte de terceros con fines comerciales, y hemos incluido restricciones técnicas sobre las solicitudes automatizadas.

Asimismo, le pedimos que:

+ *Haga un uso exclusivamente no comercial de estos archivos* Hemos diseñado la Búsqueda de libros de Google para el uso de particulares; como tal, le pedimos que utilice estos archivos con fines personales, y no comerciales.

+ *No envíe solicitudes automatizadas* Por favor, no envíe solicitudes automatizadas de ningún tipo al sistema de Google. Si está llevando a cabo una investigación sobre traducción automática, reconocimiento óptico de caracteres u otros campos para los que resulte útil disfrutar de acceso a una gran cantidad de texto, por favor, envíenos un mensaje. Fomentamos el uso de materiales de dominio público con estos propósitos y seguro que podremos ayudarle.

+ *Conserve la atribución* La filigrana de Google que verá en todos los archivos es fundamental para informar a los usuarios sobre este proyecto y ayudarles a encontrar materiales adicionales en la Búsqueda de libros de Google. Por favor, no la elimine.

+ *Manténgase siempre dentro de la legalidad* Sea cual sea el uso que haga de estos materiales, recuerde que es responsable de asegurarse de que todo lo que hace es legal. No dé por sentado que, por el hecho de que una obra se considere de dominio público para los usuarios de los Estados Unidos, lo será también para los usuarios de otros países. La legislación sobre derechos de autor varía de un país a otro, y no podemos facilitar información sobre si está permitido un uso específico de algún libro. Por favor, no suponga que la aparición de un libro en nuestro programa significa que se puede utilizar de igual manera en todo el mundo. La responsabilidad ante la infracción de los derechos de autor puede ser muy grave.

Acerca de la Búsqueda de libros de Google

El objetivo de Google consiste en organizar información procedente de todo el mundo y hacerla accesible y útil de forma universal. El programa de Búsqueda de libros de Google ayuda a los lectores a descubrir los libros de todo el mundo a la vez que ayuda a autores y editores a llegar a nuevas audiencias. Podrá realizar búsquedas en el texto completo de este libro en la web, en la página `http://books.google.com`

A propos de ce livre

Ceci est une copie numérique d'un ouvrage conservé depuis des générations dans les rayonnages d'une bibliothèque avant d'être numérisé avec précaution par Google dans le cadre d'un projet visant à permettre aux internautes de découvrir l'ensemble du patrimoine littéraire mondial en ligne.

Ce livre étant relativement ancien, il n'est plus protégé par la loi sur les droits d'auteur et appartient à présent au domaine public. L'expression "appartenir au domaine public" signifie que le livre en question n'a jamais été soumis aux droits d'auteur ou que ses droits légaux sont arrivés à expiration. Les conditions requises pour qu'un livre tombe dans le domaine public peuvent varier d'un pays à l'autre. Les livres libres de droit sont autant de liens avec le passé. Ils sont les témoins de la richesse de notre histoire, de notre patrimoine culturel et de la connaissance humaine et sont trop souvent difficilement accessibles au public.

Les notes de bas de page et autres annotations en marge du texte présentes dans le volume original sont reprises dans ce fichier, comme un souvenir du long chemin parcouru par l'ouvrage depuis la maison d'édition en passant par la bibliothèque pour finalement se retrouver entre vos mains.

Consignes d'utilisation

Google est fier de travailler en partenariat avec des bibliothèques à la numérisation des ouvrages appartenant au domaine public et de les rendre ainsi accessibles à tous. Ces livres sont en effet la propriété de tous et de toutes et nous sommes tout simplement les gardiens de ce patrimoine. Il s'agit toutefois d'un projet coûteux. Par conséquent et en vue de poursuivre la diffusion de ces ressources inépuisables, nous avons pris les dispositions nécessaires afin de prévenir les éventuels abus auxquels pourraient se livrer des sites marchands tiers, notamment en instaurant des contraintes techniques relatives aux requêtes automatisées.

Nous vous demandons également de:

+ *Ne pas utiliser les fichiers à des fins commerciales* Nous avons conçu le programme Google Recherche de Livres à l'usage des particuliers. Nous vous demandons donc d'utiliser uniquement ces fichiers à des fins personnelles. Ils ne sauraient en effet être employés dans un quelconque but commercial.

+ *Ne pas procéder à des requêtes automatisées* N'envoyez aucune requête automatisée quelle qu'elle soit au système Google. Si vous effectuez des recherches concernant les logiciels de traduction, la reconnaissance optique de caractères ou tout autre domaine nécessitant de disposer d'importantes quantités de texte, n'hésitez pas à nous contacter. Nous encourageons pour la réalisation de ce type de travaux l'utilisation des ouvrages et documents appartenant au domaine public et serions heureux de vous être utile.

+ *Ne pas supprimer l'attribution* Le filigrane Google contenu dans chaque fichier est indispensable pour informer les internautes de notre projet et leur permettre d'accéder à davantage de documents par l'intermédiaire du Programme Google Recherche de Livres. Ne le supprimez en aucun cas.

+ *Rester dans la légalité* Quelle que soit l'utilisation que vous comptez faire des fichiers, n'oubliez pas qu'il est de votre responsabilité de veiller à respecter la loi. Si un ouvrage appartient au domaine public américain, n'en déduisez pas pour autant qu'il en va de même dans les autres pays. La durée légale des droits d'auteur d'un livre varie d'un pays à l'autre. Nous ne sommes donc pas en mesure de répertorier les ouvrages dont l'utilisation est autorisée et ceux dont elle ne l'est pas. Ne croyez pas que le simple fait d'afficher un livre sur Google Recherche de Livres signifie que celui-ci peut être utilisé de quelque façon que ce soit dans le monde entier. La condamnation à laquelle vous vous exposeriez en cas de violation des droits d'auteur peut être sévère.

À propos du service Google Recherche de Livres

En favorisant la recherche et l'accès à un nombre croissant de livres disponibles dans de nombreuses langues, dont le français, Google souhaite contribuer à promouvoir la diversité culturelle grâce à Google Recherche de Livres. En effet, le Programme Google Recherche de Livres permet aux internautes de découvrir le patrimoine littéraire mondial, tout en aidant les auteurs et les éditeurs à élargir leur public. Vous pouvez effectuer des recherches en ligne dans le texte intégral de cet ouvrage à l'adresse `http://books.google.com`

Princeton University Library
32101 049824236

ST
9280
.763
v.12, pt.1
1922

ANNEX LIB.

P.459

Library of

Princeton University.

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

REVUE GÉNÉRALE DE L'ÉLECTRICITÉ

ORGANE DE L'UNION DES SYNDICATS DE L'ÉLECTRICITÉ

B

Steckert
I. S. Elect. Eng.

DIRECTEUR

J. BLONDIN, AGRÉGÉ DE L'UNIVERSITÉ

TOME XII

8 Juillet 1922 — 30 Décembre 1922

PARIS
AUX BUREAUX DE LA REVUE
12, PLACE DE LABORDE (8e ARRT)
—
1922

Digitized by Google

CONSEIL D'ADMINISTRATION

PRÉSIDENT

Cordier Gabriel. — Président d'honneur de l'Union des Syndicats de l'Électricité. Président de l'Union des Industries métallurgiques et minières.

VICE-PRÉSIDENTS

Legouez Raynald. — Vice-président de la Chambre de Commerce de Paris. — Président de l'Union des Syndicats de l'Électricité.

Meyer Ferdinand. — Président d'honneur du Syndicat professionnel des Producteurs et Distributeurs d'Énergie électrique. — Président du Conseil d'Administration de la Compagnie continentale Edison.

ADMINISTRATEURS

Bizet Paul. — Président d'honneur du Syndicat professionnel des Producteurs et Distributeurs d'Énergie électrique. — Administrateur de la Compagnie générale d'Électricité.

Berthelot Daniel. — Membre de l'Institut. — Président d'honneur du Syndicat professionnel des Producteurs et Distributeurs d'Énergie électrique. — Président du Conseil d'Administration de la Société d'Électricité de Paris.

Brylinski Emile. — Président d'honneur et Délégué général du Syndicat professionnel des Producteurs et Distributeurs d'Énergie électrique.

Cahen Henri. — Président du Syndicat professionnel des Producteurs et Distributeurs d'Énergie électrique. — Administrateur délégué du Sud-Électrique.

Duval Charles. — Directeur des Services électriques de la Société générale d'Entreprises.

Eschwege Paul. — Président d'honneur du Syndicat professionnel des Producteurs et Distributeurs d'Énergie électrique. — Directeur de la Société d'Éclairage et de Force par l'Électricité.

Fontaine Eugène. — Vice-président du Syndicat professionnel des Producteurs et Distributeurs d'Énergie électrique.

Girardeau Emile. — Ancien élève de l'École Polytechnique. — Administrateur, Directeur technique de la Société française Radio-Electrique.

Lévi Lazare. — Administrateur, Directeur général de la Compagnie française pour l'Exploitation des Procédés Thomson-Houston. — Administrateur délégué de la Compagnie lorraine de Charbons, Lampes et Appareillage électriques.

Masse René. — Ancien élève de l'École Polytechnique, ingénieur civil des Mines. — Vice-Président, Directeur de la Société d'Eclairage, Chauffage et Force motrice.

Mazen Natalis. — Sous-directeur honoraire des Chemins de fer de l'État. — Professeur à l'École supérieure d'Électricité.

Meyer Marcel. — Ancien Président du Syndicat professionnel des Industries électriques. — Directeur de la Compagnie générale des Travaux d'Éclairage et de Force (Etablissements Clémançon).

Michel Charles. — Directeur de la Compagnie pour la Fabrication des Compteurs et Matériel d'Usines à Gaz.

Paré Marcel. — Ingénieur de la Société saint-quentinoise d'Éclairage, de Chauffage et de Force motrice. — Administrateur de la Compagnie continentale pour la Fabrication des Compteurs.

Petit Joseph. — Administrateur délégué de l'Omnium lyonnais de Chemins de fer et Tramways. — Administrateur de la Compagnie du Chemin de fer électrique souterrain Nord-Sud de Paris.

Saurel Maurice. — Docteur en droit. — Administrateur délégué de la Compagnie des Lampes.

Ticier Armand. — Directeur de la Société d'Éclairage électrique de Bordeaux et du Midi.

SECRÉTAIRE DU CONSEIL D'ADMINISTRATION

Durangel George. — Secrétaire général honoraire de l'Énergie électrique du Littoral méditerranéen.

COMMISSAIRES DES COMPTES

Dieudonné Jules. — Chef de la comptabilité des Tramways de Paris et du Département de la Seine.

Rosenfeld L. — Secrétaire du Conseil de la Compagnie de l'Air comprimé. — Membre de la Compagnie des Experts-comptables de Paris.

DIRECTEUR

Blondin J. — Agrégé de l'Université.

Digitized by Google

COMITÉ DE RÉDACTION

PRÉSIDENT

Blondel, André, Membre de l'Institut, Professeur à l'École nationale des Ponts et Chaussées

VICE-PRÉSIDENTS

Brylinski, E., Président d'honneur et Secrétaire général du Syndicat des Producteurs et Distributeurs d'Énergie électrique, Président du Comité électrotechnique français.

Janet, Paul, Membre de l'Institut, Professeur à la Faculté des Sciences de l'Université de Paris, Directeur du Laboratoire central et de l'École supérieure d'Électricité.

Leblanc, Maurice, Membre de l'Institut, Ancien Président de la Commission électrotechnique internationale, Ingénieur-conseil.

SECTION SCIENTIFIQUE et TECHNIQUE

d'Arsonval, A., Membre de l'Institut, Professeur au Collège de France.

Berthelot, Daniel, Membre de l'Institut, Président du Conseil d'Administration de la Société d'Electricité de Paris.

Brillouin, M., Membre de l'Institut, Professeur au Collège de France.

† **Deprez**, Marcel, Membre de l'Institut, Professeur au Conservatoire national des Arts et Métiers.

Ferrié, Général G., Membre de l'Institut, Inspecteur général des Services de la Radiotélégraphie militaire.

† **Lippmann**; G., Membre de l'Institut, Professeur à la Faculté des Sciences de Paris.

Violle, J., Membre de l'Institut, Professeur au Conservatoire national des Arts et Métiers.

Bergonié, Dr J.-A., Membre correspondant de l'Institut, Professeur à la Faculté de Médecine de Bordeaux.

Guillaume, Ch. Ed., Membre correspondant de l'Institut, Directeur du Bureau central des Poids et Mesures.

Barbillion, L.-C., Professeur à l'Université de Grenoble, Directeur de l'Institut électrotechnique de Grenoble.

Becker, J., Licencié ès sciences.

Bethenod, J., Ingénieur en chef de la Société française Radio-Électrique.

Bion, Capitaine de corvette, Membre de la Commission d'Études pratiques de Radiotélégraphie de la Marine.

Boucherot, P., Professeur à l'École de Physique et de Chimie industrielle de la Ville de Paris.

Broca, A., Professeur agrégé de physique à la Faculté de Médecine, Répétiteur à l'École Polytechnique.

Camichel, C., Professeur à la Faculté des Sciences, Directeur de l'Institut électrotechnique de Toulouse.

Chaumat, H., Professeur au Conservatoire national des Arts et Métiers, Sous-Directeur honoraire de l'École supérieure d'Électricité.

Dennery, A., Inspecteur général des Postes et Télégraphes, Directeur de l'École professionnelle supérieure des Postes et Télégraphes.

† **Devaux-Charbonnel**, X., Ingénieur en chef des Télégraphes.

Fabry, Ch., Professeur à la Faculté des Sciences de Paris, Examinateur à l'École Polytechnique.

Féry, Ch., Docteur ès sciences, Professeur à l'École de Physique et de Chimie.

Girault, P., Ingénieur électricien.

Guilbert, C.-F., Ingénieur électricien, Professeur adjoint au Conservatoire national des Arts et Métiers, Arbitre rapporteur près le Tribunal de Commerce de la Seine, Sous-directeur de l'École supérieure d'Électricité.

Guillebot de Nerville, Ingénieur en chef des Télégraphes, Professeur à l'École nationale des Ponts et Chaussées.

Gutton, C., Professeur à l'Université de Nancy.

Jouaust, R., Chef de travaux au Laboratoire central d'Électricité.

Jouguet, Ingénieur en chef au Corps des Mines.

Lamotte, M., Professeur à la Faculté des Sciences et à l'Institut électrotechnique de Toulouse.

Langevin, P., Professeur au Collège de France.

† **Laporte**, F., Sous-Directeur du Laboratoire central d'Électricité.

Latour, Marius, Ingénieur-conseil.

Léauté, André, Répétiteur de physique à l'École Polytechnique, Administrateur délégué de la Société des Recherches et Perfectionnements industriels.

Liénard, A., Sous-directeur de l'École supérieure des Mines.

Mauduit, A., Professeur d'Électrotechnique à la Faculté des Sciences de Nancy.

Pérot, A., Professeur à l'École Polytechnique.

† **Poincaré**, Lucien, Vice-recteur de l'Académie de Paris.

Pomey, J.-B., Ingénieur en chef des Télégraphes.

Rigollot, Professeur adjoint à la Faculté des Sciences de Lyon, Directeur de l'École centrale lyonnaise.

Swyngedauw, R.-A., Professeur à l'Université de Lille, Directeur de l'Institut électrotechnique de Lille.

† **Tissot**, C., Capitaine de frégate.

Turpain, A., Professeur de physique à la Faculté des Sciences de Poitiers.

Vogt, Directeur de l'Institut électrotechnique de Nancy.

Weiss, P., Professeur à l'Université de Strasbourg.

SECTION INDUSTRIELLE, ÉCONOMIQUE et FINANCIÈRE

† **Carpentier**, J., Membre de l'Institut, Constructeur électricien.

Le Chatelier, Henri, Membre de l'Institut, Professeur à la Faculté des Sciences de Paris.

Liesse, André, Membre de l'Institut, Professeur au Conservatoire national des Arts et Métiers.

Witz, A., Membre correspondant de l'Institut, Doyen de la Faculté libre des Sciences de Lille.

† **Armagnat**, H., Ingénieur-conseil, Expert près le Tribunal civil de la Seine.

Auvert, Ingénieur principal du matériel de la Compagnie P.-L.-M. (installations électriques).

† **Bellet**, Daniel, Secrétaire de la Société d'Économie politique, Professeur à l'École libre des Sciences politiques.

† **Bochet**, A., Directeur de l'École centrale des Arts et Manufactures, Ancien Président de la Société internationale des Électriciens.

(REGAP)

521637

Digitized by Google

Brenot, P., Ancien chef du Centre radiotélégraphique de Paris et du Service de T. S. F. au Ministère des Colonies, Directeur technique de la Société française Radio-Electrique.

† **Brocq**, Directeur de la Compagnie pour la Fabrication des Compteurs et Matériel d'usines à gaz.

de la Brosse, Ingénieur en chef du Service des Forces hydrauliques des Alpes.

Buffet, J., Président de la Société nancéenne de Crédit industrie, et de Dépôts.

Cambon, Victor, Ingénieur des Arts et Manufactures.

Charpenay, Banquier, Membre de la Chambre de Commerce de Grenoble, Administrateur délégué de la Société des Forces motrices du Haut-Grésivaudan.

Caudrelier, F., Ingénieur des Ponts et Chaussées, Ingénieur en chef des Services électriques de la Compagnie parisienne de Distribution d'Électricité.

Cordier, F., Colonel d'Artillerie.

Cordier, Fernand, Ingénieur en chef aux Établissements Schneider et Cie.

† **Cote**, E., Ancien directeur de *La Houille blanche*, Fondateur des *Annales de l'Energie*.

Drouin, F., Directeur des Services techniques de la Compagnie générale d'Électricité.

Eydoux, D., Ingénieur des Ponts et Chaussées, Professeur à l'Ecole des Ponts et Chaussées.

Eyrolles, L., Ingénieur, Directeur de l'École spéciale des Travaux publics, du Bâtiment et de l'Industrie.

Flusin, Professeur d'Électrochimie et d'Électrométallurgie à la Faculté des Sciences de Grenoble.

Girod, Paul, Administrateur délégué des Établissements Paul Girod, à Ugine.

Gratzmuller, L., Ingénieur en chef du matériel de traction électrique à la Société Alsacienne de Constructions mécaniques.

Guyon, Directeur de la Compagnie des Tramways de Lyon.

Hugoniot, Ingénieur-conseil.

Imbs, Ingénieur des Ponts et Chaussées, Ingénieur en chef de la Compagnie parisienne de Distribution d'Électricité.

Jumau, Ingénieur.

Juppont, Ingénieur-conseil.

Labour, P., Ingénieur.

Labrouste, P., Ingénieur-conseil.

Laurain, H., Président de la Société d'Électricité de Reims et de la Société des Tramways électriques de Reims, Directeur des Services techniques de la Société du Gaz de Paris, Membre du Conseil de l'École centrale des Arts et Manufactures.

Lauriol, P., Inspecteur général honoraire des Ponts-et-Chaussées, Ancien ingénieur en chef des Services généraux d'Eclairage de la Ville de Paris.

Legouez, R., Vice-président de la Chambre de Commerce de Paris, Président de l'Union des Syndicats de l'Electricité.

Lelong, Ingénieur en chef du Génie maritime, Ministère de la Marine.

Lépine, Charles, Ingénieur des Arts et Manufactures, Administrateur-délégué de la Société hydroélectrique de Fure et Morge et de Vizille.

Lévy-Salvador, Paul, Chef du Service technique de l'hydraulique agricole au Ministère de l'Agriculture.

Locherer, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, Ingénieur en chef de la Compagnie du Chemin de fer métropolitain de Paris.

Loppé, F., Ingénieur des Arts et Manufactures.

Lorin, Maître de conférences à l'École centrale des Arts et Manufactures.

Mamy, Professeur au Conservatoire des Arts et Métiers.

de Marchena, Sous-Directeur de la Compagnie française Thomson-Houston.

Mariage, André, Ingénieur des Arts et Manufactures, Directeur général de la Compagnie des Transports en commum de la Région parisienne.

Maugas, Gabriel, Ingénieur général du Génie Maritime.

Mazen, N., Sous-directeur honoraire des Chemins de fer de l'État, Professeur à l'Ecole supérieure d'Electricité.

Parodi, H., Ingénieur, Chef des Services électriques du Matériel et de la Traction du Chemin de fer d'Orléans.

Picou, R., Ingénieur-conseil, ancien Président du Comité électrotechnique français.

† **Piérart**, Lieutenant-colonel, Chef de l'Établissement central de Matériel spécial du Génie.

Pinot, R., Secrétaire général de la Chambre syndicale des Forces hydrauliques.

Resal, Eugène, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, Administrateur-directeur des Tramways de Bordeaux.

Rey, J., Administrateur-directeur de la maison Sautter-Harlé.

Roth, E., Ingénieur électricien.

Roux, G., Directeur du Bureau de Contrôle des Installations électriques.

de Valbreuze, Ingénieur électricien, Administrateur-délégué des Anciens Établissements Deberghe et Lafaye.

Vautier, T., Professeur à la Faculté des Sciences de Lyon.

Walkenaer, Ch., Inspecteur général des Mines.

Weiss, Georges, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, Doyen de la Faculté de Médecine de Strasbourg.

SECTION DE LÉGISLATION

Bougault, P., Avocat à la Cour d'Appel de Lyon.

Carpentier, A., Professeur adjoint à la Faculté de Droit de Paris, Avocat à la Cour d'Appel.

Ducreux, A., Avocat à la Cour d'Appel de Paris.

Fontaine, E., Vice-président du Syndicat professionnel des Producteurs et Distributeurs d'Énergie électrique, Secrétaire de l'Union des Syndicats de l'Electricité.

Frenoy, Avocat à la Cour de Cassation et au Conseil d'Etat.

Mahieu, A, Inspecteur général des Ponts et Chaussées, Secrétaire général du Ministère des Travaux publics.

Monmerqué, A., Inspecteur général des Ponts et Chaussées, Président du Comité permanent d'Électricité.

Payen, F., Docteur en droit, Avocat à la Cour d'Appel de Paris.

† **Sée**, Raymond, Ancien élève de l'École Polytechnique, Docteur en Droit, Directeur de l'Ouest-Lumière.

Sirey, Ch., Avocat à la Cour d'Appel de Paris.

Taillefer, A., Avocat à la Cour de Paris, ancien Élève de l'École Polytechnique, Membre de la Commission technique de l'Office national de la Propriété industrielle.

de la Taste, Avocat à la Cour d'Appel de Paris, Licencié ès sciences physiques et chimiques.

Weiss, Inspecteur général des Mines.

Zacon, Inspecteur du Travail

Digitized by Google

TABLE MÉTHODIQUE DES MATIÈRES

Recherches et travaux scientifiques

GÉNÉRALITÉS

Théories. — Les expériences cruciales de la théorie de la relativité restreinte (*F. Guéry*) 508
La transmutation des éléments tungstène-hélium et l'énergie atomique des corps (*G. Wendt* et *C.-D. Iron*) 800
Sur les forces exercées par le rayonnement électromagnétique (*W.-H. Westphal*) 633
Sur les trois constantes fondamentales de l'électricité et du magnétisme (*Louis Roy*) 1007
La loi de Newton est la loi unique. Théorie mécanique de l'univers, par *Max Franck* (Bibliographie) 84
La matière et l'énergie selon la théorie de la relativité et la théorie des quanta, par *Louis Rougier* (Bibliographie) 122
La physique et la métaphysique des théories d'Einstein, par *Daniel Berthelot* (Bibliographie) 659
Einstein ou Euclide, par *Maurice Sauger* (Bibliographie) 706
Les axiomes de la mécanique. Note sur la propagation de la lumière, par *Paul Painlevé* (Bibliographie) 659
Discours et mélanges, par *Emile Picard* (Bibliographie) 794

Organisation de la recherche scientifique. — L'œuvre de la Direction des Recherches scientifiques, industrielles et agricoles et des Inventions (*Legendre*) 506
Répertoire de laboratoires français, par *Ch. Maurain* (Bibliographie) 306

ELECTRICITE ET MAGNETISME

Généralités. — Principes d'électrotechnie, par *Emile Piérard* (Bibliographie) 338
Analogies mécaniques de l'électricité, par *J.-B. Pomey* (Bibliographie) 3
Cours d'électricité générale de l'Ecole navale, par *E. Haudié* (Bibliographie) 162
Cours pratique d'électricité industrielle. Tome II. Etude des courants alternatifs simples et polyphasés, par *H Chevalier* (Bibliographie) 1004
Cours pratique d'électricité industrielle. Tome III. Applications des courants électriques, par *H. Chevalier* (Bibliographie) 1004
Theoretisches und praktisches Lehrbuch für Elektrotechniker (Traité théorique et pratique à l'usage des ingénieurs électriciens), par *J. Fischer-Hinnen* (Bibliographie) 1 003
Formulaire aide-mémoire de l'électricien praticien, par *E. Marec* (Bibliographie) 964

Electrostatique. — Diélectriques et condensateurs. — Influence de la fréquence sur les pertes dans les diélectriques (*Granier*) 459
Sur la constante diélectrique des isolants possédant de la viscosité (*A. Press*) 1001
Propriétés et applications industrielles de la bakelite (*Georges Kimpflin*) 637
La rigidité diélectrique de l'huile (*W.-S. Flight*).— 228
Le voltmètre à couronne et la rigidité diélectrique de l'air (*J.-B. Whitchband, John Hopkins* et *T. Isshiki*) 1009
Kunstlicher Kautschuk für elektrische Isolierungszwecke (caoutchouc artificiel employé comme isolant électrique), par *Kurt Geissler* (Bibliographie). 1002

Electrocinétique et électrodynamique. — Courant électrique. — Quelques inégalités importantes de l'électrotechnique (*Léon Bouthillon*) 925
Sur la formule de Neumann donnant le coefficient d'induction mutuelle de deux circuits (*Ch. Malégarie*) 795
A propos de l'emploi des imaginaires en électrotechnique (*P. Laurjol*) 657
L'aspect physique de la propagation des courants alternatifs sur les longues lignes (*P. Boucherot*) .. 499
Sur la résistance des couches conductrices minces électrisées (*H.-A. Perkens*) 432
L'emploi de forces électromotrices, de courants et de flux imaginaires superposés aux valeurs réelles dans la solution des problèmes des courants alternatifs (*Vladimir Karapetoff*) 273

Décharge électrique. — Sur la variation de l'intensité du courant de décharge dans des tubes à vide avec la température (recherches relatives à l'air, l'hydrogène et l'anhydride carbonique) (*G. Tadesco* et *L. Amaduzzi*) 841
Décharge d'un condensateur à travers un circuit gazeux (*Charles-P. Steinmetz*) 670
La décharge sans électrodes dans certaines vapeurs (*J.-K. Robertson*) 476

Digitized by Google

Mesures de temps et de pression dans la décharge en couronne (*C.-S. Fazel*) 136

Magnétisme. Electromagnétisme — Sur les feuillets magnétiques (*A. Liénard*) 470
Le champ magnétique et l'induction magnétique sont-ils de même nature? (*E. Brylinski*) 539, 753
Le champ magnétique et l'induction magnétique sont-ils de même nature? (*F. Lebert*) 542
Le champ à l'intérieur des aimants est-il unique ou multiple ? (*A. Liénard*) 544
Sur le champ et l'induction magnétiques et les unités électriques (*Louis Roy*) 548
Les électroaimants et les bobines d'induction, par *H. de Graffigny* (Bibliographie) 234
Sur le calcul de l'attraction des électroaimants (*André Guilbert*) 714
Théorie mathématique de la force électromotrice d'induction produite par la magnéto à haute tension (*F.-B. Silsbee*) 14
Recherches oscillographiques sur les champs magnétiques et les forces électromotrices induites des moteurs d'induction (*Wilhelm Stiel*) 471
L'importance du coefficient de self-induction (*F. Brilli*) 244
La distribution du flux magnétique dans les transformateurs (*Karl-B. Mc Eachron*) 890

Oscillations et ondes électriques. — La vitesse des oscillations électriques et la mesure des longueurs d'onde (*A. Turpain*) 511

Rayons cathodiques et anodiques. Emission électronique. — La physique de la lampe à trois électrodes (*K.-T. Compton*) 550
Sur les lampes à trois électrodes, anode, cathode et grille intermédiaire, où le courant est transporté par des ions et leurs applications (*Maurice Leblanc*) 259
Quelques perfectionnements récents des circuits à réaction (*H. Armstrong*) 799
Un nouveau redresseur (*Bush* et *C.-G. Smith*) 632
Génération par tubes électroniques d'oscillations polyphasées de haute fréquence (*R. Mesny*) 764
Oscillographe cathodique pour basses et moyennes fréquences (*A. Dufour*) 1031

Rayons X. — Les forces de valence et les spectres de Rontgen, par *W. Kossel* (Bibliographie) 963
Sur les spectres de rayons X et la théorie de la structure atomique (*D. Coster*) 629
Electrons de rayons X (*R. Whiddington*) 591
Phénomènes de polarisation dans les tubes à rayons X (*R. Whiddington*) 518
Les ampoules à rayons X et leur fabrication (*Johannès*) 754
Radioactivité (*Ernest Rutherford*) 587

Radioactivité. — Les isotopes, la désintégration artificielle des éléments (*L. Brüninghaus*) 466

Thermo-électricité. — Résistance et pouvoir thermoélectrique du germanium métallique (*C.-C. Bidwell*) 386

Electro-optique. — Photoélectricité. — Sur la relation entre les phénomènes photoélectriques et la tension superficielle du mercure (*Jean-G. Popesco*) 432
Les phénomènes photoélectriques et leurs applications à la photométrie stellaire (*G. Rougier*) 168

Magnétisme terrestre. — Détermination rapide du champ magnétique terrestre. Méthode particulière de comparaison de champs magnétiques (*A. Pérot*) 922, 1011

SCIENCES DIVERSES

Mathématiques. — Introduction au calcul tensoriel et au calcul différentiel absolu, par *G. Juvet* (Bibliographie) 580
A propos de l'emploi des imaginaires en électrotechnique (*P. Lauriol*) 657
Application des abaques Brown et Blondel à quelques problèmes concernant les lignes télégraphiques et téléphoniques (*L. Cahen*) 47
Nomogrammes pour les calculs mécaniques des lignes aériennes de transmission d'énergie électrique (Calcul des conducteurs) (*A. Joitel*) 5
Traité de nomographie, par *Maurice d'Ocagne* (Bibliographie) 83
Vue d'ensemble sur les machines à calculer, par *Maurice d'Ocagne* (Bibliographie) 305
Traité théorique et pratique des règles à calcul Béghin, par *A. Béghin* (Bibliographie) 4

Hydraulique. — Application de la méthode chronophotographique à la mesure de l'écoulement de l'eau en déversoir (*P. Morin*) 433
Le tarage des moulinets servant à la mesure du débit des cours d'eau (*G. Sentenac*) 912
Au sujet des dépressions résultant d'une rupture dans une conduite forcée (*Comte de Sparre*) 431
Sur le régime turbulent (*C. Camichel*) 763

Mécanique. — Dispositif permettant l'équilibrage des pièces tournantes en cours de rotation à leur vitesse de régime (*Jacques Roquet*) 1013
Calcul graphique du degré d'irrégularité d'une machine (*G. Larille*) 85
Note sur les transmissions par courroie (*D. Genkin*) 975
Cours de mécanique rationnelle, par *L. Roy* (Bibliographie) 498
Cours de mécanique appliquée, par *Marcel Lamotte* (Bibliographie) 122
Traité de mécanique, par *P.-A. Podevyn* (Bibliographie) 964

Physique générale. — Conférences-rapports de documentation sur la physique (Bibliographie) 42

Emission. — Couleur et éclat de différents corps lumineux en fonction de la température (*E.-P. Hyde* et *W.-E. Forsythe*) 134

Applications techniques et industrielles

GENERALITES

Organisation. Exploitation. — Organisation administrative industrielle, par *J.-M. Caquas* (Bibliographie) 1002

Unification. Normalisation. — Règles françaises d'unification du matériel électrique (Modifications) 286
Les nouvelles règles allemandes d'unification concernant les machines et transformateurs (*A. Hansson*) 528
Erratum 576

Digitized by Google

Sur le projet de normalisation des dimensions des éléments de la construction mécanique (*H. de Pistoye*) 68
Normalisation des fils méplats adoptée par le Comité de direction, le 14 juin 1922, sur étude de la 4e Commission de l'Union des Syndicats de l'Electricité 285
Sur la normalisation des dimensions des éléments de la construction mécanique. La loi des longueurs industrielles (*F. Bayle*) 345
Au sujet de l'unification de la puissance des moteurs synchrones et asynchrones (*J. Mathivet*)... 577
Normalisation de la tension du rotor et des rhéostats de démarrage des moteurs asynchrones (*F. Blanc*). 814

ENERGIE NATURELLE. PRODUCTION DE L'ENERGIE MECANIQUE

Energie hydraulique. — Généralités. — Sur le régime turbulent (*C. Camichel*)..... 763
Au sujet des dépressions résultant d'une rupture dans une conduite forcée (*Comte de Sparre*)..... 431
Note sur le calcul des déversoirs de crues des barrages réservoirs (*Otto Sommer*)..... 641
Erratum 868
Les méfaits du déboisement (*Paul Descombes*)..... 509
Sur l'utilisation de l'énergie des marées (*A. Defour*). 673
Application de la chronophotographie à la mesure de l'écoulement de l'eau en déversoir (*P. Morin*).. 433
Inauguration du Laboratoire d'Hydraulique de Beauvert 793
La houille blanche française (aujourd'hui et demain), par *Auguste Pawlowski* (Bibliographie)..... 306
La houille bleue, par le vice-amiral *Amet* (Bibliographie) 923
Recensement provisoire des forces hydrauliques du royaume des Serbes, Croates et Slovènes (Bibliographie) 579
L'exploitation des forces hydrauliques de l'Etat en Suède, 1921 (Bibliographie) 962
Report on water power (rapport sur l'énergie hydraulique en Irlande) (Bibliographie) 378
Projet de loi déposé le 29 mars 1922, relatif à la création d'une station marémotrice d'essai à l'Aber Vrac'h (Finistère) 118
Quelques considérations sur la loi du 16 octobre 1919 et des conséquences de cette loi sur le régime des eaux antérieur (*A. Remaury*)..... 197
Circulaire du 16 octobre 1922 déterminant le mode de fixation des taxes et redevances dues par les concessionnaires ou permissionnaires d'énergie hydraulique 747

Aménagements. — L'aménagement des forces motrices hydrauliques en France et la construction des lignes de transmission d'énergie électrique à haute tension (*Alexandre Varenne*) 993
Sur la construction des grands barrages en maçonnerie (*F. Arnodin*)..... 508
Détermination du coefficient d'écoulement des vannes du barrage mobile d'Augst-Wyhlen (*E. Frölich*) 73
Vannes automatiques de l'usine de l'Isle-Jourdain (Vienne) 606
La station de tarage des moulinets des Ponts-Jumeaux, à Toulouse, par *G. Sentenac* (Bibliographie) 912

Moteurs. — Application de la méthode calorimétrique pour la détermination du rendement des turbines hydrauliques (*L. Barbillion* et *A. Poirson.*) 564

Energie thermique. — Généralités. — L'utilisation des chaleurs perdues (*Hottinger*) 403
Sur l'organisation des économies de combustibles dans l'industrie. Septième rapport de la Commission d'Utilisation du Combustible (*P. Mahler*) 688, 734
Comparaison sommaire des différents systèmes de chauffe au charbon pulvérisé (*Maroger*)..... 508

Moteurs. — Calcul graphique du degré d'irrégularité d'une machine (*G. Laville*) 85
Quelques considérations sur les moteurs thermiques (*L. Schwob*) 267
Les pertes dans les ajutages des turbines compound. 314
Rotor d'une turbine à vapeur de 25 000 kw..... 64
Gazogènes et moteurs à gaz pauvre à la portée de tous, par *René Champly* (Bibliographie)..... 498
Etat actuel de la question des moteurs à huile lourde (*M. Bochet*)..... 531
Les moteurs semi-Diesel, état actuel de leur construction et de leur utilisation. Moteur Alpha, Moteur Bolinder, Moteur Robey, Moteur Weyher et Richmond, Moteur S.M.I.M., Moteur Peugeot (*A. Schubert*) 646

CONSTRUCTION DU MATERIEL ELECTRIQUE

Généralités. — La construction électrique française et la construction étrangère (*P. Bunet*)..... 439

Matières premières. — L'industrie du fer en France, par *Jacques Levainville* (Bibliographie)..... 458
L'acier, élaboration et travail, par *J. Roucke* (Bibliographie) 538
Le fil de cuivre émaillé (*G. Lefèvre*)..... 479
Le fendillement des pièces étirées en laiton ou autres alliages en cuivre (*Masing*)..... 294
Sur l'emploi de l'huile dans les transformateurs (*H. Mercier*) 858
La rigidité diélectrique de l'huile (*W.-S. Flight*).... 228
Propriétés et applications industrielles de la bakélite (*Georges Kimpflin*)..... 637
Engineering Steels (Les aciers techniques), par *Leslie Aitchison* (Bibliographie) 961
Annuaire de la production métallurgique et mécanique de Lyon et de la région..... 578

Matériel de construction. Outillage. — Dispositif permettant l'équilibrage des pièces tournantes en cours de rotation à leur vitesse de régime (*Jacques Roquet*) 1013
Sur les méthodes d'essai de dureté des corps (*Georges Moreau*) 106
Sur le projet de normalisation des dimensions des éléments de la construction mécanique (*H. de Pistoye*) 68
Sur la normalisation des dimensions des éléments de la construction mécanique. La loi des longueurs industrielles (*F. Bayle*) 345
Application de la métallisation par le procédé Schoop aux installations de transmission d'énergie (*A. Dagory* 146
Erratum 244
La coloration des métaux, par *J. Michel* (Bibliographie) 963

Usines. Ateliers. — Note sur les transmissions par courroie (*D. Genkin*)..... 975

PRODUCTION ET DISTRIBUTION DE L'ENERGIE ELECTRIQUE

Production. — Généralités. — Production et distribution de l'énergie électrique. Partie exploitation, par *Constant van Gastel* (Bibliographie).... 1003
L'Industrie électrique, par *Charles-Proteus Steinmetz* (Bibliographie) 84

Digitized by Google

L'électricité à la campagne, par *René Champly* (Bibliographie) 963
La technique du métier d'électricien, par *Raoul Caillault* (Bibliographie) 660
Altas de l'ingénieur électricien, par *Fernand Lopez* (Bibliographie) 705
Manuel pratique du monteur électricien 1922, par *J. Laffargue* et *L. Jumau* (Bibliographie)..... 578
Guide du monteur électricien, par *R. Swyngedauw* (Bibliographie) 660
Installations électriques industrielles. Installation, entretien, contrôle, par *R. Cabaud* (Bibliographie) 378
Installations électriques industrielles. Choix du matériel, par *R. Cabaud* (Bibliographie)..... 580

MACHINES GÉNÉRATRICES. — Les appareils de protection pour turboalternateurs (*J.-A. Kuyser*)..... 909
Compléments à la théorie des alternateurs à deux réactions, branchés sur un réseau à potentiel constant (*A. Blondel*).....203, 235
Sur la détermination de la chute de tension dans les alternateurs polyphasés (*J. Bethenod*)..... 765
Sur la détermination de la chute de tension dans les alternateurs polyphasés (*L.-G. Stokvis*)..... 921
Sur la production des harmoniques 3 dans les machines à induction à charge déséquilibrée (*L.-G. Stokvis*) 619, 661
Rotor d'un alternateur de 25 000 kw..... 65
Théorie mathématique de la force électromotrice d'induction produite par la magnéto à haute tension (*F.-B. Silsbee*) 14
Etude graphique de la répartition du champ dans l'entrefer des machines électriques (*Wilhelm ..Stiel*) 153
Sur une propriété curieuse d'un montage spécial des machines électriques excitées en série (*F. Guéry*). 92
Les nouvelles règles allemandes d'unification concernant les machines et transformateurs (*A. Hansson*) 528
Erratum 575
Note sur la comparaison des machines électriques au moyen de graphiques logarithmiques (*Soullié*)... 213
Le rapport entre le rendement et les frais d'exploitation des petits moteurs et génératrices (*E.-G. Kennard*) 72
Sur le calcul de l'élévation de température d'après la variation de résistance (*Guyard*)..... 201
L'influence de l'isolement des conducteurs sur la puissance des machines (*Schuler*) 293
The theory of direct current dynamos and motors (La théorie des dynamos et des moteurs à courant continu), par *John Case* (Bibiliographie).... 962
Les machines électriques, théorie et construction, par *A. Mauduit* (Bibliographie) 538
Calcul et spécification des machines dynamoélectriques, par *Miles Walker* (Bibliographie)..... 924
Costruzioni elettromeccaniche. Calcolo, Disegno e fabricazione delle Machine elettriche. Accessori ed applicazioni, par *Ettore Morelli* (Bibliographie).. 202

PILES ET ACCUMULATEURS. — Sur une classe particulière de pile (*Vasilesco Karpen*)..... 212
Les piles à dépolarisation par l'air (*Fournier*)..... 1019
Variation de la force électromotrice d'un élément Weston en quartz sous l'influence de la lumière ultra-violette (*J. Pougnet*)..... 514
Les accumulateurs électriques d'après les brevets récents. Accumulateurs au plomb (*L. Jumau*)..... 767
Les accumulateurs électriques d'après les brevets récents. Accumulateurs autres que l'élément au plomb (*L. Jumau*) 804
Accumulateur électrique à négatif de zinc (*A. Pouchain*) 807
Quelques réflexions sur l'accumulateur à hydrate de plomb (*W.-R. Cooper*) 696
Construction et perfectionnements à des chariots et tracteurs à accumulateurs (*The Automatic Transportation C°*)..... 809
Perfectionnements aux piles et accumulateurs électriques (*L. Neu*) 804
Perfectionnements à la construction des éléments d'accumulateurs plus spécialement pour batteries transportables (*O.-A. Garreau*)..... 771
Perfectionnements aux piles d'accumulateurs (*A. Parker-Smith*) 772
Perfectionnements aux batteries électriques (*D. Pepper*) 772
Perfectionnement aux accumulateurs (*M. Tsuji* et *S. Nakao*) 773
Perfectionnement aux accumulateurs électriques (*Société H.-F.-J. de Poix et Cie*)..... 773
Perfectionnements apportés dans l'établissement des piles secondaires dénommées accumulateurs électriques (*G. Philippart*)..... 772
Perfectionnements aux accumulateurs (*R. Dubuc*).. 771
Perfectionnements aux accumulateurs électriques (*E.-A. Cottè*) 769
Perfectionnements aux accumulateurs et application aux lampes électriques de poche (*L.-A. Hennequin*) 768
Accumulateur et son procédé de fabrication (*The Hazelett Storage Battery Company*)..... 768
Perfectionnements aux batteries d'accumulateurs (*H.-E. Smith*) 768
Perfectionnements aux accumulateurs électriques (*A. Pouchain*) 807
Accumulateur électrique (*H.-L. Welch*)..... 767
Accumulateur (*C.-J.-V. Féry*)..... 769
Accumulateur électrique (*V. de Karavodine*)..... 770
Accumulateur électrique (*V. de Karavodine* et *G. Michaud*) 770
Accumulateur électrique (*J. Janet* et *E. Morin*)..... 767
Accumulateur (*A. Albrecht-Pfister*)..... 772
Accumulateur (*C.-J.-V. Féry*)..... 804
Procédé de fabrication des plaques d'accumulateurs au plomb (*H. Tailleferre* et *D. Henry*)..... 767
Perfectionnements aux plaques d'accumulateurs (*Société des Accumulateurs fixes et de traction*)..... 805
Plaque négative pour accumulateurs électriques (*A. Pouchain*) 805
Plaque d'accumulateurs électriques (*J.-G. Chouippe*). 767
Machine à remplir les pochettes de matière active des plaques d'accumulateur nickel-fer (*Société des Accumulateurs fixes et de Traction*)..... 806
Perfectionnements apportés à la suspension des plaques dans les récipients d'accumulateurs électriques (*Société de l'Accumulateur Tudor*)..... 772
Electrode pour éléments électriques, en particulier pour éléments secondaires, et son procédé de fabrication (*Svenska Ackumulator Aktiebolaget Jungner*) 804
Electrode négative pour accumulateurs électriques (*A. Pouchain*)..... 807
Electrode pour accumulateurs (*O. Schneider* et *M. Mugge*) 767
Perfectionnements dans les électrodes pour batteries d'accumulateurs (*J.-M. Allen*)..... 767
Electrode d'accumulateur électrique (*Société de l'Accumulateur Tudor*) 768
Dispositif de suspension pour électrodes d'accumulateurs (*Société Caillard* et *Heuzey*)..... 771
Perfectionnements aux séparateurs pour accumulateurs électriques (*W.-E. Holland* et *L.-J. Pearson*) 771
Perfectionnements aux séparateurs pour accumulateurs électriques (*W.-E. Holland* et *J.-M. Skinner*) 771

Digitized by Google

Caisse à accumulateurs pour tracteurs électriques (*American Trading Company of France*)..... 809
Perfectionnements apportés aux boites des accumulateurs électriques (*M. Arosio*)..... 772
Perfectionnements aux couvercles des bacs d'accumulateurs (*R.-M. Jones*) 773
Système pour réduire les actions électrochimiques sur les bords des plaques négatives des accumulateurs électriques (*A. Pouchain*)..... 805
Procédé pour prolonger la conservation à l'état sec de la charge des électrodes positives à peroxyde de plomb pour accumulateurs électriques (*A. Pouchain*) 768
Dispositif d'étanchéité pour récipients démontables d'accumulateurs électriques (*J. Sola Vila* et *A. Busch Tréguany*) 771
Immobilisant pour tous liquides et principalement pour les liquides corrosifs ou non employés dans les piles ou les accumulateurs électriques (*L. Neu*). 769
Presse-étoupe pour accumulateurs (*Société des Accumulateurs fixes et de traction*)..... 805
Système de chargement des accumulateurs et de mise en marche pour les automobiles (*C.-E.-F. Adam*) 810
Dispositif pour la détermination comparative de l'état de décharge de deux batteries d'accumulateurs de sous-marins utilisées temporairement séparément (*Siemens-Schuckert Werke G. m. b. H.*)..... 809
Appareil d'essai pour accumulateurs (*J.-L. Thompson*) 810
Matière isolante pour accumulateurs (*J.-A. Van der Nooy*) 772
Perfectionnements aux installations électriques d'éclairage comportant des batteries d'accumulateurs (*J. Béthenod*) 810
Système pour coupler avec le circuit l'électrode soluble des piles et accumulateurs électriques (*A. Pavlenko*) 807
Perfectionnements apportés aux installations électriques comportant, en même temps que des accumulateurs, un générateur de courant non à potentiel constant, quoique à puissance limitée (*Société anonyme des Etablissements L. Blériot*)..... 807
Disposition des batteries d'accumulateurs dans les voitures automobiles électriques (*R. Slaby*)..... 809
Dispositif de commande d'une dynamo pour recharger les accumulateurs de tout appareil cinématographique (*M.-P. Grosse* et *V.-E. Tinchaut*)..... 810
Perfectionnements apportés aux systèmes de commande pour installations électriques comportant un combinateur de couplage, tels notamment que ceux à adjoindre aux moteurs électriques pour la propulsion des véhicules automobiles, qui utilisent pour leur alimentation une batterie d'accumulateurs (*Etablissements Henry Crochat*)..... 809
Perfectionnements apportés aux véhicules automobiles électriques dont la force motrice est fournie par accumulateurs (*Etablissements Henry Crochat*). 810

Transformation. — Méthode de calcul des transformateurs basée sur la recherche du prix de revient (*F. Margand*)..... 315
Propriétés caractéristiques des transformateurs (*Kristian*) 449
Le facteur de puissance dans les transformateurs et les lignes de transmission (*O. Burger*)..... 945
La chute de tension dans les transformateurs. Diagrammes et calculs (*Robert Edler*)..... 381
La distribution du flux magnétique dans les transformateurs (*Karl B.-Mc Eachron*)..... 890
La capacité effective des bobines à plusieurs couches à section carrée et circulaire (*Gregory Breit*)..... 50
Résistance et capacité des bobines en haute fréquence (*J.-H. Morecroft*) 820
Un transformateur à air pour très hautes tensions (*W. Hess*) 811, 1034
La bobine de mise à la terre de Pétersen (*R.-N. Conwell* et *R.-D. Evans*)..... 187
Sur l'emploi de l'huile dans les transformateurs (H. *Mercier*) 858
La transformation des courants triphasés en courant continu (*Fr. Kade* et *Ch. Kramer*)..... 401
Les commutatrices considérées du point de vue spécial de l'électrification des chemins de fer (*F.-P. Whitaker*) 111
Influence du déphasage sur le fonctionnement des commutatrices (*G. Palanchon*)..... 707
Sur la théorie du changeur de fréquence à collecteur (*J. Bethenod*) 379
Un nouveau redresseur (*Bush* et *C.-G. Smith*)..... 632
Sur le redressement des courants (*August Hund*)..... 592

Transmission. Distribution. — Généralités. — La ligne de transmission d'énergie à 120 000 volts de la Basse-Isère (*E. Dural* et *S. Boukspoun*)..... 387
Sur la définition de la tension, de l'intensité et du facteur de puissance d'un système triphasé (*L.-G. Stokvis*) 307
Détermination graphique de la chute de tension en courant triphasé d'après Hochenegg (*Richard Hiecke*) 932
L'aspect physique de la propagation des courants alternatifs sur les longues lignes (*P. Boucherot*). 499
La transmission d'énergie sans onde de retour (*P. Boucherot*) 755
Procédés vectoriels pour le calcul des réseaux électriques (*M. Musyck*)..... 973
Régulation de la tension et isolement des réseaux de transmission d'énergie à grande distance (*Franck G. Baum*) 353
Sur la mise à la terre du neutre d'un réseau triphasé (*M. Kœchlin*) 322
Sur la mise à la terre du neutre d'un réseau triphasé (*M. Kœchlin* et *Ch. Ledoux*) 685
Note sur la conduite des réseaux à courants alternatifs (*E. Poirson*) 855
La régulation des réseaux (*J. Landry*)..... 261
La régulation de la tension sur le réseau bavarois (*Léo Kadrnozka*) 948
Les conditions économiques du fonctionnement d'un réseau en triangle ouvert (*Mervill de Morit*).... 645
L'état actuel de la question des surtensions (*J. Biermans*) 718
Note sur la théorie des phasemètres (*G.-W. Stubbins*) 796
Au sujet des précautions à prendre dans les travaux d'entretien des lignes électriques 121
Circulaire du 4 juillet 1922 du ministre des Travaux publics au sujet des coefficients de sécurité à exiger pour les installations aériennes traversant les voies ferrées 263
Loi du 19 juillet 1922 autorisant la création de réseaux de transmission d'énergie électrique à haute tension et modifiant la loi du 15 juin 1906 sur les distributions d'énergie 414
Arrêt du 24 août 1922 du Conseil d'Etat concernant les permissions de voirie 615

Lignes. Canalisations. Conducteurs. — Construction et emploi des abaques de 1911 de M. Blondel pour le calcul mécanique des conducteurs des lignes électriques aériennes (*A. Nouguier*)..... 421
Nomogrammes pour les calculs mécaniques des lignes aériennes de transmission d'énergie électrique. Calcul des conducteurs (*A. Joitel*) 5
Abaque pour le calcul de la puissance déwattée consommée par un réseau triphasé (*Ch. Lavanchy*).. 1017

Digitized by Google

Deux méthodes rapides pour le calcul des lignes à courant continu (*M.-E. Dareste*) 672
Sur un problème de minimum relatif au calcul des lignes électriques (*J. L'Hermitte*) 339
La localisation d'un défaut dans un câble (*Harold Ohlson*) 344
Les pertes diélectriques et les limites des tensions électriques admissibles dans les câbles (*Höchstadter*) 323
Entretien des lignes à haute tension sans interruption de service (*J. Ganguillet*) 651
Influence de la fréquence sur les pertes dans les diélectriques (*Granier*) 459, 1001
Contribution à l'étude des chaines d'isolateurs pour les réseaux à haute tension (*G. Viel*) 801
Mesures de temps et de pression dans la décharge en couronne (*C.-S. Fazel*) 136
Calcolo delle condutture trifasi per la condutture trifasi per la transmissione dell' energia e misure relative con numeroze applicazioni numeriche (Calcul des lignes triphasées pour la transmission de l'énergie et mesures relatives avec de nombreuses applications numériques), par *E. Raimondi* (Bibliographie) 83

Appareillage. — Application de la métallisation par le procédé Schoop aux installations de transmissions d'énergie (*A. Dagory*) 146
Erratum 244
Modèles de pylônes et de chaines d'isolateurs..... 393
Réglementation belge concernant les fils et câbles isolés au caoutchouc, publiée par le Comité électrotechnique belge en mai 1922..... 288
Procédé de construction de pylônes en béton armé (*E. Maréchal*) 989
Pylône à 12 fils..... 98
Caniveau en béton pour ligne souterraine à 45 000 v. 101
Schémas de postes de coupure.....99, 100
Cabine haute tension type « houillères »..... 728
Boîte de jonction type « houillères »..... 728
Installation des interrupteurs à haute tension (*W.-A. Coates*) 1027
Essais d'isolateurs de ligne sous 280 000 v (*J.-C. Wood*) 533
Sur certaines méthodes s'écartant de la pratique classique en fait de parafoudres (*E.-E.-F. Creighton*) 31
Essais d'une bobine d'extinction des courts-circuits à la terre (*A. Roth* et *G. Courvoisier*)..... 402
La bobine de mise à la terre de Petersen (*R.-N. Concell* et *R.-D. Evans*)..... 187
Le fil de cuivre émaillé (*G. Lefèvre*)..... 479

Stations centrales, sous-stations, réseaux. — Marche en parallèle des centrales électriques (*A. Fontvielle* et *C. Ferréol*) 163
Inauguration de l'usine génératrice d'électricité de Gennevilliers 42
L'usine hydroélectrique de L'Isle-Jourdain (Vienne), (*J. Reycal*) 597
La grande centrale thermoélectrique de Comines (Nord) (*J. Reyval*) 55, 93
Une grande station centrale utilisant exclusivement le charbon pulvérisé 32
Nos usines dévastées (Bibliographie)..... 458
Considération sur le développement des puissantes unités et des grandes entreprises électriques (*R. Werner*) 912
Economies dans la construction des sous-stations (*J. Howard*) 996
L'approvisionnement de la Suisse en énergie électrique et l'exportation de celle-ci (*J. Landry*)... 262
La législation et la réglementation des réseaux ruraux d'énergie électrique 299
L'aspect industriel de l'électrification des campagnes (*E. Wattelet*) 773
Comment développer l'usage de l'énergie électrique en France (*Montchrestien*)..... 405
Note sur la tarification de l'énergie électrique (*A. Fontvieille*) 519
L'influence du facteur de puissance sur le prix de l'énergie électrique (*Rudolf Wielman*) 913
Sur l'application des tarifs maxima prévus aux cahiers des charges des distributions d'énergie (*A. Foris*) 701
Réseaux d'énergie électrique, par *M. Daval* (Bibliographie) 306
L'enregistrement des polices de consommation (*Paul Bougault*) 79
Les arbres, leur chute et la responsabilité du propriétaire à l'égard des distributeurs d'énergie (*Paul Bougault*) 453
Arrêt de la Cour de Cassation relatif aux accidents provoqués par les lignes de distribution d'énergie électrique (28 juin 1920)..... 535
Sur la fourniture de l'énergie électrique aux réseaux communaux par les propriétaires de lignes de transmission concédées par l'Etat au titre de services publics 616
Les droits d'octroi et les concessionnaires d'énergie (*Paul Bougault*) 373
Cahier des charges pour les distributions d'énergie, décret du 28 juin 1921, par *Paul Bougault* (Bibliographie) 579
Décret du 4 mai 1922 concernant la répartition de l'énergie électrique et les restrictions de consommation en cas d'insuffisance de la production.... 158
Circulaire du 31 juillet 1922, relative à l'indemnisation pour privation des droits non exercés à l'usage de l'eau 375
« The Electrician » Annual Tables of Electricity Undertaking, 1922 (Tables annuelles des entreprises d'Electricité) 3

APPLICATIONS MECANIQUES

Moteurs. — Note sur la comparaison des machines au moyen de graphiques logarithmiques (*Soullié*). 213
Le rapport entre le rendement et les frais d'exploitation des petits moteurs et génératrices (*E.-G. Kennard*) 72
Pertes dans les dents de machines rotatives (Th. *Spooner*) 272
Echauffement des moteurs de traction en service et en essais de plate-forme (*G.-E. Luke*)..... 816
Détermination de l'élévation de température des moteurs sous charges de courte durée (*R.-E. Hellmund*) 607
L'accélération dans les montages en cascade des moteurs à courant continu avec les moteurs triphasés (*Wilhem Weiler*) 516
Montage pour les essais de démarrage des moteurs (*Rudolph Richter*) 34
Diagramme des moteurs d'induction monophasés (*J.-K. Kostko*)..... 313
Diagramme des machines synchrones saturées (*Gabriel-Henri Perrin*) 928
La théorie du moteur triphasé à collecteur, à excitation shunt et à vitesse variable (*L.-D. Ridsdale*). 129
Au sujet de l'unification de la puissance des moteurs synchrones et asynchrones (*J. Mathivet*).... 577
Choix de la tension aux bagues dans les moteurs asynchrones ayant un induit constitué par un enroulement à doubles barres (*W. Zederbohm*)..... 861
Normalisation de la tension du rotor et des rhéostats de démarrage des moteurs asynchrones (*F. Blanc*). 814
De l'influence de la fréquence du courant sur le fonctionnement des moteurs asynchrones (*Ad. Cur-*

Digitized by Google

chod) 581
Influence du changement de la fréquence sur les caractéristiques des moteurs d'induction polyphasés (*J.-K. Kostko*) 930
Le facteur de puissance et le rendement des moteurs asynchrones (*M. Trautner*) 398
La compensation du déphasage, principalement en ce qui concerne les moteurs polyphasés (*Val.-A. Fynn*) 443
Recherches oscillographiques sur les champs magnétiques et les forces électromotrices induites des moteurs d'induction (*Wilhelm Stiel*) 471

Electroaimants. — Sur le calcul de l'attraction des électroaimants (*André Guilbert*) 714

Agriculture. — L'Exposition de matériel électrique agricole de Compiègne (*Ach. Delamarre*) 635
Applications de l'électricité à l'agriculture (*J. Girard*) 1024

Guerre. — Les transmissions électriques dans les engins de guerre (tanks, locomotives pétroléo-électriques) (*Dutilh*) 81

Mines. — Machine d'extraction électrique avec groupe convertisseur Ward Leonard Ilgner (*G. Hacault*) 835, 877
Le Groupement des Houillères envahies et les solutions générales adoptées au point de vue électrique dans la reconstitution des mines (*G. Jaula*).. 724
L'exploitation électrique des puits pétrolifères en Roumanie (*Charles Rey* et *Maurice Wilfart*) 933

Signalisation. — Appareil de répétition des signaux et de contrôle automatique des trains système « Regan » (*J.-G.-L. Piveteau*) 218
La commande électrique des grands postes d'aiguilles et signaux de chemins de fer. La cabine « Aster » de Pontoise (*Lucien A.-H. Pahin*) 23

Divers. — Les progrès récents de l'horlogerie électrique (*Marius Lavet*) 845
Horloges entretenues électriquement destinées à l'usage courant (*Marius Lavet*) 754, 895
Transmission sans fil des images à distance (*Belin*). 922

TRACTION ET LOCOMOTION

Généralités. — Choix d'un système de traction électrique pour les grandes lignes de chemin de fer (*L. Thormann*) 910
Sur l'électrification des chemins de fer aux Pays-Bas (*L.-G. Stokvis*) 906
Les commutatrices considérées du point de vue spécial de l'électrification des chemins de fer (*F.-P. Whitaker*) 211
Sur l'électrification des chemins de fer au moyen de courants alternatifs de fréquence élevée (*Maurice Leblanc*) 275
Traction électrique, par *Robert Marie* (Bibliographie) 305

Usines. — Les alternateurs monophasés de la centrale de Ritom des chemins de fer fédéraux suisses. 698

Matériel roulant. — Locomotive électrique C.C. des chemins de fer rhétiques 560
Locomotives monophasées des Chemins de fer fédéraux suisses 740
Locomotives électriques (*Vincent-L. Raven*) 1029
Résistance au roulement et inertie des parties tournantes des locomotives monophasées des chemins de fer alpins de la Basse-Autriche et de la Styrie. 777

Matériel de voie. — Appareil de répétition des signaux et de contrôle automatique des trains système « Regan » (*J.-G.-L. Piveteau*) 218

Installations. — L'état actuel de l'électrification des chemin de fer de l'Etat allemand 488
La fin des travaux d'électrification des chemins de fer rhétiques (*W. Durler*) 558
L'électrification du tronçon Lucerne-Chiasso de la ligne du Saint-Gothard des Chemins de fer fédéraux suisses (*R. Sachs*) 693

Traction sur route. — Autobus électriques à trolleys, dits « trolleybus » (*Iglésis*) 82

TELEGRAPHIE ET TELEPHONIE

Généralités. — Application des abaques Brown et Blondel à quelques problèmes concernant les lignes télégraphiques et téléphoniques (*L. Cahen*) 47
Loi du 30 juin 1922 relative aux modifications de la loi du 29 mars 1920 portant relèvement et de la loi du 31 décembre 1921 portant abaissement de taxes postales, télégraphiques et téléphoniques... 496
Projet de loi concernant l'établissement, l'entretien et le fonctionnement des lignes télégraphiques et téléphoniques dans les départements du Haut-Rhin, du Bas-Rhin et de la Moselle 751
Annales des Postes, Télégraphes et Téléphones 418

Télégraphie. — Méthode mnémonique pour apprendre l'alphabet Morse, par *Antony Bruyant* (Bibliographie) 579
Note relative à un système de réception de signaux électriques applicable à la télégraphie Morse (*O. Steels*) 483
Traité de télégraphie électrique, par *H. Thomas* (Bibliographie) 754

Téléphonie. — Les câbles téléphoniques et télégraphiques Paris, Villecresnes, Sainte-Assise (*L. Cahen*) 183
La téléphonie multiple par lampes à 3 électrodes (*A. Turpain*) 556
Circuits fantômes téléphoniques et circuits télégraphiques et téléphoniques combinés fonctionnant à des fréquences acoustiques (*J.-G. Hill*) 993
Mémento à l'usage des gradés et des sapeurs du régiment du génie, des téléphonistes et des radiotélégraphistes des régiments d'infanterie et d'artillerie, par *J. Jacob* (Bibliographie) 580

Radiotélégraphie. — La radiotélégraphie (*G. Marconi*) 671
Les radiocommunications à longue distance (*L.-W. Austin*) 74
Utilisation du courant alternatif industriel dans les postes à lampes de réception de radiocommunications (*Marcel Moye*) 512
Sur un téléphone autodétecteur (*Dongier*) 510
Quelques perfectionnements récents des circuits à réaction (*H. Armstrong*) 799
Bobines de résonance pour télégraphie sans fil (*H. Hoffmann* et *G. Messtorff*) 609
A propos des bobines de résonance pour télégraphie sans fil (*J. Bethenod*) 922
Le radiogoniomètre et son application à la navigation (*Frédéric A. Kolster* et *Francis W. Dunmore*). 191
Sur la détermination de la longueur d'onde optimum pour une radiocommunication donnée (*L. Bouthillon*) 585
Sur le rayonnement des antennes circulaires et semi-circulaires (*F. Seidel*) 50
La résistance de terre des antennes (*A. Meissner*)... 290

Digitized by Google

Au sujet des antennes radiotélégraphiques des aéronefs (*Algéri Marino*) 324
L'enregistrement des signaux radiotélégraphiques à grande vitesse (*J. Weinberger*)..... 863
Le centre radioélectrique de Saint-Assise (*G. Malgorn* et *M. Adam*)..... 169
Le centre radioélectrique de Sainte-Assise (*Marius Latour*) 233
Projet d'installation d'une station radiotélégraphique émettrice à Pézenas. Calcul de l'antenne (*Félix Perrin*)..... 965
Principles of Radio Communication (Principes de radiotélégraphie et radiotéléphonie), par *J.-H. Morecroft* (Bibliographie) 659
The Radio experimenters' Handbook, par *P.-R. Coursey* (Bibliographie) 964
Thermionic Tubes in Radiotelegraphy and telephony, par *John Scott-Taggart* (Bibliographie) .. 123
The construction of amateur valve station, par *Alan L.-M. Douglas* (Bibliographie) 338
The ABC of Wireless. A popular explanation, par *W. Harris* (Bibliographie)..... 266
The Year Book of Wireless Telegraphy and Telephony, 1922 (Annuaire de radiotélégraphie et radiotéléphonie, 1922) (Bibliographie)..... 923

Radiotéléphonie. — Essais de réception à Montpellier de messages radiotéléphoniques émis à Paris (*Moulard*) 510
La radiotéléphonie, par *Carlo Toché* (Bibliographie). 1003

APPLICATIONS THERMIQUES

Chauffage. — Progrès récents dans les applications domestiques de l'électricité (cuisson, chauffage).. 743
Essais comparatifs de rendement de systèmes domestiques de chauffage et de cuisson (*J. Rutishauser*) 76
Observations sur la cuisson de produits céramiques dans des fours chauffés électriquement (*Albert Granger*) 227

Soudure. — Eléments de soudure autogène, par *R. Granjon*, *P. Rosenberg*, et *M. Piette* (Bibliographie) 123

ECLAIRAGE

Eclairage par arc. — Sur l'arc électrique dyssymétrique entre charbons et métaux (*André Blondel*). 168
Sur la polarité de l'arc électrique (*L. Dunoyer* et *P. Coulon*) 91
Etude sur les projecteurs (*V.-D. Schwertsler*)..... 1033

Eclairage par incandescence. — Du régime de fonctionnement électrique des lampes au tungstène à atmosphère gazeuse (*H. Pécheux*)..... 245
Danger de toucher les ampoules malpropres (*Stefan Jellinek*) 995
Cahier des charges pour fourniture de lampes à incandescence à filaments métalliques dans le vide, établi par l'Union des Syndicats de l'Electricité, le 8 février 1922 sur étude de la 4e Commission... 277
Code de l'éclairage..... 192
Facteurs à considérer pour l'établissement des enseignes lumineuses électriques (*C.-A. Atherton*). 326

ELECTROCHIMIE ET ELECTROMETALLURGIE

Electrochimie. — Récents progrès de l'électrochimie appliquée (*Maurice de Kay Thompson*)..... 486

APPLICATIONS DIVERSES

La Radiométallographie et ses applications à la soudure autogène, par *H. Pilon* (Bibliographie).... 123
L'emploi de l'électricité dans la petite industrie (*P. Juppont*)..... 484

MESURES ET ESSAIS

Généralités. — Sur les étalons prototypes de l'ohm international (*Paul Janet*)..... 127
Comparaison des étalons prototypes de l'ohm international (*R. Jouaust*) 128
Notes sur la théorie des phasemètres (*G.-W. Stubbings*) 796
Etude sur le pont de Thomson (*R. Hiecke*)..... 71
Calcul de l'erreur introduite par les transformateurs de mesure (*Rudolf Küchler*)..... 644
Comment on peut changer la graduation des appareils de mesure (*A. Imhof*)..... 474
Sur le calcul de l'élévation de température d'après la variation de résistance (*Guyard*)..... 201
Le choix de la température d'ajustage des calibres industriels (*Frontard*)..... 943
Cours de mesures électriques, tome II, par *E. Vigneron* (Bibliographie) 922
Projet de loi concernant l'extension des attributions du Bureau international des Poids et Mesures aux unités électriques 704

Mesures. — Electromètre absolu plan-cylindre (*L. Bouchet*) 974
Le voltmètre à couronne et la rigidité diélectrique de l'air (*J. B. Whitehhad*, *Johns Hopkins* et *T. Isshiki*) 1009
Variation de la force électromotrice d'un élément Weston en quartz sous l'influence de la lumière violette (*J. Pougnet*)..... 514
Oscillographe cathodique pour basses et moyennes fréquences (*A. Dufour*)..... 1031
Wattmètre pour courants de haute fréquence (*P. Joye* et *E. Brasey*)..... 370
Compteur O'K watt-heuremètre à entretien réduit pour courant continu (*C.-Ed. O'Keenan*)..... 252
Branchements de secours pour compteurs triphasés (*W. Janvier*) 721
La vérification des connexions des compteurs à haute tension (*F. Scoumanne*) 137
A propos de la vérification des connexions des compteurs à haute tension (*Noir de Chazournes*).. 233
La vérification des connexions des compteurs à haute tension (*T. Marec*)..... 477
Sur les erreurs de connexions des compteurs triphasés à haute tension (*M. Daval*)..... 553
Sur la vérification du branchement des compteurs à haute tension (*Ch. Derant*)..... 595
Instructions complémentaires, en date du 8 août 1922, relatives aux conditions d'approbation des compteurs (mode de présentation, nature des essais) 415

Essais électriques. — Essais d'isolateurs de ligne sous 280 000 volts (*J.-C. Wood*)..... 532
La localisation d'un défaut dans un câble (*Harold Ohlson*) 344
Essais des machines électriques, par *C.-F. Guilbert* (Bibliographie) 3
Electrical Engineering Testing (Essais électriques), par *G.-D. Aspinall-Parr* (Bibliographie)..... 84
Manuale per il collando delle Machine elettriche, par *G. Bianchi* (Bibliographie)..... 122

Divers. — Inauguration du Laboratoire d'Hydraulique de Beauvert 793

Digitized by Google

Le tarage des moulinets servant à la mesure du débit des cours d'eau (*G. Sentenac*)..... 912
Application de la méthode chronophotographique de l'écoulement de l'eau en déversoir (*P. Morin*).... 433
Note sur le calcul des déversoirs de crues des barrages réservoirs (*Otto Sommer*).....641, 868
Détermination du coefficient d'écoulement des vannes du barrage mobile d'Augst-Wyhlen (*E. Frölich*) 73
Application de la méthode calorimétrique pour la détermination du rendement des turbines hydrauliques (*L. Barbillion* et *A. Poirson*)..... 564
Les accéléromètres Auclair et Boyer-Guillon (*Boyer-Guillon*) 369
Sur les méthodes d'essai de dureté des corps (*Georges Moreau*) 106
Note sur les transmissions par courroies (*D. Genkin*). 975

Economie sociale, industrielle, financière, etc.

GENERALITES

La Société des Nations (*Georges Marty*)..... 821
La mobilisation technique (*P. Boucherot*)..... 568
Le nouveau régime des chemins de fer. Les résultats de la période de transition (*Fernand-Jacq*)... 865
Fonctions publiques et participations financières. Le projet de loi Joseph Barthélemy sur les incompatibilités parlementaires (*Fernand-Jacq*)..... 37
La distribution des réserves dans les sociétés par actions. Arrêt du 6 mars 1922 rendu contre une société concessionnaire (*Paul Bougault*)..... 573
La situation créée par l'abrogation partielle de la législation sur la spéculation illicite (*Fernand-Jacq*) 999
Proposition de loi concernant les sociétés coopératives agricoles d'électricité 960
Sur l'application de la loi prohibant la transformation de locaux d'habitation en locaux commerciaux 1000
La lutte pour l'abolition de la syphilis, sa portée sociale et économique (*L. Le Chatelier*)..... 265
Le bilan de l'étatisme, par *A. Delemer* (Bibliographie) 660
L'entreprise gouvernementale et son administration, par *Albert Schatz* (Bibliographie)..... 489
Notes économiques d'un métallurgiste, par *Camille Cavalier* (Bibliographie) 618
La France et les huit heures, par *André François-Poncet* et *Emile Mireaux* (Bibliographie)..... 301
L'organisation sociale des entreprises, par *E. Romanet* (Bibliographie) 754
Le problème de la socialisation en Allemagne, par *Marcel Tardy* (Bibliographie) 295
Une enquête en Allemagne, par *Max Hoschiller* (Bibliographie) 963
Loi du 21 octobre 1922 assurant l'exécution de l'article 10 de la loi du 20 avril 1916 et de la loi du 23 octobre 1919 (Loi sur la spéculation).... 751

RICHESSES NATURELLES, PROPRIETE

Propriété industrielle. — Le renforcement de la législation française concernant la répression des fausses indications d'origine depuis 1914 (*Fernand-Jacq*) 113
La réforme de la législation sur la propriété industrielle (*Fernand-Jacq*) 785
Sur une proposition de loi tendant à réprimer l'usurpation des titres professionnels (titres d'ingénieur, d'architecte, etc...) 495
Un programme de répression de la concurrence déloyale (*Fernand-Jacq*) 953
Loi du 10 juillet 1922 modifiant l'article premier de la loi du 1er juillet 1906, relative à l'application en France des conventions internationales concernant la propriété industrielle 615

TRAVAIL, TRAVAILLEURS

Le problème du contrat collectif du travail en France (*Gaëtan Piron*)..... 157
Le régime des huit heures, par *Robert Veyssié* (Bibliographie) 794
Arrêt de la Cour de Cassation concernant la responsabilité d'un médecin dans une escroquerie en matière d'indemnités pour accidents du travail... 160
Loi du 15 juillet 1922 instituant des allocations temporaires en faveur de certaines catégories de bénéficiaires de rentes au titre de la loi du 9 avril 1898 sur les accidents du travail..... 231
Arrêt du 20 octobre 1920 de la Cour de Cassation concernant la rupture du contrat de travail..... 336

COMMERCE

Importations et exportations françaises de matériel électrique, produits électrométallurgiques et électrochimiques (*Désiré Pector*).....193, 567
Les Services français d'Expansion commerciale.... 533
Sur les prêts que les banques populaires peuvent consentir aux commerçants et industriels démobilisés. 336
Sur l'inscription au registre du commerce..... 920
Convention commerciale du 8 juillet 1922 entre la France et l'Espagne, et extrait du tarif douanier espagnol en ce qui concerne le matériel électrique. 779
Arrêts du 1er août 1921 et du 8 mars 1922 de la Chambre des Requêtes concernant la loi du 21 janvier 1918, dite loi Failliot..... 159

FINANCES

Si j'étais ministre des Finances, par *Jean Labadie* (Bibliographie) 924
Les projets de réforme fiscale, par *Pierre Bodin* (Bibliographie) 1004

IMPOTS, DOUANES, ASSURANCES

Le renforcement de l'inquisition fiscale (*Fernand-Jacq*) 411
Droits d'enregistrement et de transcription. Résumé des principes élémentaires et des innovations récentes (*Paul Bougault*)..... 869
Cession et rachat de concession au point de vue fiscal (*Paul Bougault*)..... 1037
Le nouveau régime des sociétés d'assurances mutuelles (*Fernand-Jacq*) 451
Sur le payement du droit de timbre sur les actions des sociétés anonymes 920
Sur l'application des tarifs maxima prévus aux cahiers des charges des distributions d'énergie.... 753
Arrêt de la Cour d'Appel d'Amiens concernant l'application, aux agences et succursales, de la loi sur le registre de commerce..... 536
Projet de loi concernant les caisses de secours et de

Digitized by Google

retraites des établissements industriels et commerciaux (*Fernand-Jacq*) 655
Sur l'emploi du chèque pour le recouvrement des montants des factures..... 959
Sur l'assujettissement au droit de timbre des accusés de réception de chèques 336
Sur les conditions que doivent remplir les factures pour profiter du tarif réduit d'affranchissement.... 264
A propos d'une note « sur les conditions que doivent remplir les factures pour profiter du tarif réduit d'affranchissement » 497
Sur les conditions d'apposition des timbres de dimension sur les papiers soumis au timbre..... 535
Sur le droit de contrôle de la comptabilité des associations en participation pour la détermination de l'impôt sur les revenus 1040
L'impôt sur le revenu (Les grandes lignes de la réforme fiscale. Esquisse d'une politique fiscale démocratique), par *Louis Copin* (Bibliographie).... 580
Sur l'application de l'impôt sur les revenus aux sociétés en commandite 263
Sur l'application de l'impôt sur les revenus aux sommes provenant d'une cession de droit à un bail. 920
Sur la contribution sur les bénéfices de guerre et les amortissements 120
Le privilège du Trésor et les bénéfices de guerre. Déclaration (Loi nouvelle du 10 août 1922) (*Paul Bougault*) 331
Loi du 10 août 1922 réglementant le privilège du Trésor pour le recouvrement de la contribution extraordinaire sur les bénéfices de guerre.....334, 456
Sur l'application de la loi sur les bénéfices de guerre. 415
Sur les amendes pour dissimulation de bénéfices de guerre 535
Sur l'application de la loi sur les bénéfices de guerre. 616
Sur le privilège du Trésor en matière de bénéfices de guerre sur les biens d'un contribuable décédé.. 752
Sur le payement de la contribution sur les bénéfices de guerre 792
Sur l'application de la contribution sur les bénéfices de guerre..... 831
Sur l'application de la contribution sur les bénéfices de guerre 920
Sur l'application de la loi relative au privilège du Trésor sur les bénéfices de guerre 959
Sur la contribution sur les bénéfices de guerre et sur l'impôt cédulaire sur les bénéfices industriels et commerciaux 1000
Sur l'établissement de l'impôt sur les bénéfices commerciaux aux ventes d'objets soumis à la taxe de luxe 416
Sur l'impôt sur les affaires conclues avant le 1er avril 1921 40
Sur la non application de la taxe sur le chiffre d'affaires aux intérêts des dépôts en banque..... 264
Sur l'application de la taxe sur le chiffre d'affaires aux succursales des maisons de commerce..... 416
Sur l'application de l'impôt sur le chiffre d'affaires aux importations 616
Sur la non application de l'impôt sur le chiffre d'affaires aux frais de transport lorsque ce transport est effectué par des voitures du vendeur..... 704
Sur la non-application de la taxe sur le chiffre d'affaires aux frais de transport des marchandises 656
Sur l'application de la taxe sur le chiffre d'affaires aux petits artisans travaillant tantôt comme salariés tantôt comme entrepreneurs 656
Sur l'application de la taxe sur le chiffre d'affaires aux marchandises importées en France..... 656
Sur le régime forfaitaire en ce qui concerne la taxe sur le chiffre d'affaires 960
Sur le privilège du Trésor concernant la taxe sur le chiffre d'affaires 960
Sur la présentation des livres de comptabilité en vue de l'établissement de la taxe sur le chiffre d'affaires 40
Sur la communication des livres de comptabilité aux agents du fisc 232
Sur les droits des agents du fisc concernant l'examen des livres de comptabilité 264
Sur le contrôle des livres en vue de l'établissement de la taxe sur le chiffre d'affaires..... 535
Projet de loi concernant les droits de douane des huiles lourdes et de graissage 751
Le problème des assurances sociales en France, par *Montchrestien* (Bibliographie) 924

ENSEIGNEMENT, EDUCATION, APPRENTISSAGE

Jugement du Conseil de Prud'hommes de la Seine et du Conseil de Prud'hommes de Nantes, concernant l'inexécution des clauses du contrat d'apprentissage par les apprentis 160
Proposition de loi concernant les conseils de métiers, les chambres de métiers, l'apprentissage, l'enseignement technique, industriel et commercial 917

Législation, Réglementation, Jurisprudence

GENERALITES

Les arbres, leur chute, et la responsabilité du propriétaire à l'égard des distributeurs d'énergie (*Paul Bougault*) 453
Au sujet des précautions à prendre dans les travaux d'entretien des lignes électriques 121
Quelques considérations sur la loi du 16 octobre 1919 et des conséquences de cette loi sur le régime des eaux antérieur (*A. Remaury*)..... 197
La législation et la réglementation des réseaux ruraux d'énergie électrique 299
Les droits d'octroi et les concessionnaires d'énergie (*Paul Bougault*) 373
Sur l'application des tarifs maxima prévus aux cahiers des charges des distributions d'énergie (*A. Foris*) 701
L'enregistrement des polices de consommation (*Paul Bougault*) 79
Code de l'éclairage 192
Le privilège du Trésor et les bénéfices de guerre. Déclaration (Loi nouvelle du 10 août 1922) (*Paul Bougault*) 331
Le renforcement de l'inquisition fiscale (*Fernand-Jacq*) 411
Droits d'enregistrement et de transcription. Résumé des principes élémentaires et des innovations récentes (*Paul Bougault*)..... 869
La situation créée par l'abrogation partielle de la législation sur la spéculation illicite (*Fernand-Jacq*) 999
Le renforcement de la législation française concernant la répression des fausses indications d'origine depuis 1914 (*Fernand-Jacq*)..... 113
La réforme de la législation sur la propriété industrielle (*Fernand-Jacq*) 785
Un programme de répression de la concurrence déloyale (*Fernand-Jacq*) 953

Digitized by Google

Fonctions publiques et participations financières. Le projet de loi Joseph Barthélemy sur les incompatibilités parlementaires (*Fernand-Jacq*).... 37
Cession et rachat de concession au point de vue fiscal (*Paul Bougault*) 1037
Sur l'application de la loi prohibant la transformation de locaux d'habitation en locaux commerciaux 1000

LOIS, DECRETS, ARRETES

Lois et projets de loi. — Loi du 30 juin 1922 relative à des modifications de diverses dispositions de la loi du 29 mars 1920 portant relèvement de la loi du 31 décembre 1921 portant abaissement de taxes postales, télégraphiques et téléphoniques..... 496
Loi du 10 juillet 1922 modifiant l'article premier de la loi du 1er juillet 1906 relative à l'application en France des conventions internationales concernant la propriété industrielle..... 615
Loi du 15 juillet 1922 instituant des allocations temporaires en faveur de certaines catégories de bénéficiaires de rentes au titre de la loi du 9 avril 1898 sur les accidents du travail..... 231
Loi du 19 juillet 1922 autorisant la création de réseaux de transmission d'énergie électrique à haute tension et modifiant la loi du 15 juin 1906 sur les distributions d'énergie 414
Loi du 10 août 1922 réglementant le privilège du Trésor pour le recouvrement de la contribution extraordinaire sur les bénéfices de guerre....334, 456
Loi du 21 octobre 1922 assurant l'exécution de l'article 10 de la loi du 20 avril 1916 et de la loi du 23 octobre 1919 (Loi sur la spéculation)..... 751
Projet de loi déposé le 29 mars 1922, relatif à la création d'une station marémotrice d'essai à l'Aber Vrac'h (Finistère) 118
Projet de loi concernant les caisses de secours et de retraites des établissements industriels et commerciaux (*Fernand-Jacq*) 655
Projet de loi concernant l'extension des attributions du Bureau international des Poids et Mesures aux unités électriques 704
Projet de loi concernant l'établissement, l'entretien et le fonctionnement des lignes télégraphiques et téléphoniques dans les départements du Haut-Rhin, du Bas-Rhin et de la Moselle..... 751
Projet de loi concernant les droits de douane des huiles lourdes et de graissage..... 751
Sur une proposition de loi tendant à réprimer l'usurpation des titres professionnels (titres d'ingénieur, d'architecte, etc...)..... 495
Proposition de loi concernant les conseils de métiers, les chambres de métiers, l'apprentissage, l'enseignement technique, industriel et commercial 917
Proposition de loi concernant les sociétés coopératives agricoles d'électricité 960

Décrets. — Décret du 4 mai 1922 concernant la répartition de l'énergie électrique et les restrictions de consommation en cas d'insuffisance de production 158
Décret du 11 juillet 1922 portant publication et mise en application, à titre provisoire, de la Convention commerciale entre la France et l'Espagne, signée à Madrid le 8 juillet 1922..... 779

Circulaires. Avis, etc. — Circulaire du 4 juillet 1922 du ministre des Travaux publics au sujet des coefficients de sécurité à exiger pour les installations aériennes traversant les voies ferrées..... 263
Circulaire du 31 juillet 1922 relative à l'indemnisation pour privation des droits non exercés à l'usage de l'eau..... 375
Circulaire du 16 octobre 1922 déterminant le mode de fixation des taxes et redevances dues par les concessionnaires ou permissionnaires d'énergie hydraulique 747
Instructions complémentaires, en date du 8 août 1922, relatives aux conditions d'approbation des compteurs (mode de présentation, nature des essais) 415

Questions et réponses (Chambre et Sénat). — Sur l'inscription au registre du commerce..... 920
Sur la fourniture de l'énergie électrique aux réseaux communaux par les propriétaires de lignes de transmission concédées par l'Etat au titre de services publics 616
Sur les prêts que les banques populaires peuvent consentir aux commerçants et industriels démobilisés 336
Sur le payement du droit de timbre sur les actions des sociétés anonymes 920
Sur l'emploi du chèque pour le recouvrement des montants des factures 959
Sur l'assujettissement au droit de timbre des accusés de réception de chèques..... 336
Sur les conditions que doivent remplir les factures pour profiter du tarif réduit d'affranchissement... 264
Sur les conditions d'apposition des timbres de dimension sur les papiers soumis au timbre..... 535
Sur l'application de l'impôt sur les revenus aux sociétés en commandite 263
Sur l'application de l'impôt sur les revenus aux sommes provenant d'une cession de droit à un bail. 920
Sur l'application de l'impôt sur les traitements et salaires aux employés et ouvriers n'ayant été occupés qu'une partie de l'année..... 752
Sur l'établissement de l'impôt sur les bénéfices commerciaux aux ventes d'objets soumis à la taxe de luxe 416
Sur la contribution sur les bénéfices de guerre et les amortissements 120
Sur l'application de la loi sur les bénéfices de guerre. 415
Sur les amendes pour dissimulation de bénéfices de guerre 535
Sur l'application de la loi sur les bénéfices de guerre 616
Sur l'application de la contribution sur les bénéfices de guerre 831
Sur le privilège du Trésor en matière de bénéfices de guerre sur les biens d'un contribuable décédé 752
Sur le payement de la contribution sur les bénéfices de guerre..... 792
Sur l'application de la contribution sur les bénéfices de guerre 920
Sur l'application de la loi relative au privilège du Trésor sur les bénéfices de guerre..... 959
Sur la contribution sur les bénéfices de guerre et sur l'impôt cédulaire sur les bénéfices industriels et commerciaux 1000
Sur l'impôt sur les affaires conclues avant le 1er avril 1921 40
Sur la non-application de la taxe sur le chiffre d'affaires aux intérêts des dépôts en banque..... 264
Sur l'application de la taxe sur le chiffre d'affaires aux succursales des maisons de commerce.... 416
Sur le contrôle des livres en vue de l'établissement de la taxe sur le chiffre d'affaires..... 535
Sur l'application de l'impôt sur le chiffre d'affaires aux importations 616
Sur la non-application de la taxe sur le chiffre d'affaires aux frais de transport des marchandises.... 656
Sur la non-application de l'impôt sur le chiffre d'af-

Digitized by Google

faires aux frais de transport lorsque ce transport est effectué par des voitures du vendeur..... 704
Sur l'application de la taxe sur le chiffre d'affaires aux marchandises importées en France..... 656
Sur l'application de la taxe sur le chiffre d'affaires aux petits artisans travaillant tantôt comme salariés tantôt comme entrepreneurs 656
Sur le privilège du Trésor concernant la taxe sur le chiffre d'affaires 960
Sur le régime forfaitaire en ce qui concerne la taxe sur le chiffre d'affaires 960
Sur le droit de contrôle de la comptabilité des associations en participation pour la détermination de l'impôt sur les revenus 1040
Sur la présentation des livres de comptabilité en vue de l'établissement de la taxe sur le chiffre d'affaires 40
Sur la communication des livres de comptabilité aux agents du fisc..... 232
Sur le droit des agents du fisc concernant l'examen des livres de comptabilité 264
Sur la responsabilité des compagnies de transport en ce qui concerne le poids des objets transportés 959

JURISPRUDENCE

Arrêt du 6 mars 1922 de la Cour de Cassation sur la distribution des réserves dans les sociétés par actions *(Paul Bougault)* 573
Arrêt du 28 juin 1920 de la Cour de Cassation relatif aux accidents provoqués par les lignes de distribution d'énergie électrique 535
Arrêts du 1er août 1921 et du 8 mars 1922 de la Chambre des Requêtes concernant la loi du 21 janvier 1918, dite loi Failliot 159
Arrêt du 24 août 1922 du Conseil d'Etat concernant les permissions de voirie (4 août 1922)..... 615
Arrêt du 20 octobre 1920 de la Cour de Cassation concernant la rupture du contrat de travail..... 336
Arrêt de la Cour de Cassation concernant la responsabilité d'un médecin dans une escroquerie en matière d'indemnités pour accidents du travail.... 160
Arrêt de la Cour d'Appel d'Amiens concernant l'application aux agences et succursales de la loi sur le registre du commerce..... 536
Jugements du Conseil de Prud'hommes de la Seine et du Conseil de Prud'hommes de Nantes concernant l'exécution des clauses du contrat d'apprentissage par les apprentis 160

Divers

SOCIETES SCIENTIFIQUES ET TECHNIQUES

Académie des Sciences. — Génération par tubes électroniques d'oscillations polyphasées de haute fréquence *(R. Mesny)* 764
Sur les lampes à trois électrodes, anode, cathode et grille intermédiaire, où le courant est transporté par des ions, et leurs applications *(Maurice Leblanc)* 259
Sur un procédé rapide de détermination des éléments du magnétisme terrestre *(A. Pérot)*..... 1011
Au sujet des dépressions résultant d'une rupture dans une conduite forcée *(Comte de Sparre)*..... 431
Sur le régime turbulent *(C. Camichel)*..... 763
Sur la relation entre les phénomènes photoélectriques de la tension superficielle du mercure *(Jean-G. Popesco)* 432
Sur la résistance des couches conductrices minces électrisées *(H.-A. Perkins)* 432
Sur une propriété curieuse d'un montage spécial des machines électriques excitées en série *(F. Guéry)* 92
Sur une classe particulière de pile *(Vasilesco Karpen)* 212
Electromètre absolu plan-cylindre *(L. Bouchet)*.... 974
Sur les étalons prototypes de l'ohm international *(Paul Janet)* 127
Comparaison des étalons prototypes de l'ohm international *(R. Jouaust)* 128
Sur l'électrification des chemins de fer au moyen de courants alternatifs de fréquence élevée *(Maurice Leblanc)* 275
Sur la polarité de l'arc électrique *(L. Dunoyer et P. Toulon)* 91
Sur l'arc électrique dyssymétrique entre charbons et métaux *(André Blondel)*..... 168
Observations sur la cuisson de produits céramiques dans des fours chauffés électriquement *(Albert Granger)* 227

Société française de physique. — Les phénomènes photoélectriques et leurs applications à la photométrie stellaire *(G. Rougier)*..... 168

Association française pour l'Avancement des Sciences. — Congrès de Montpellier..... 506

Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale. — Les accéléromètres Auclair et Boyer-Guillon *(Boyer-Guillon)* 369
Compte rendu du concours du « Carburant national », de Béziers, du 2 au 9 avril 1922..... 450
Les moteurs semi-Diesel, état actuel de leur construction et de leur utilisation *(A. Schubert)*..... 646
La lutte pour l'abolition de la syphilis, sa portée sociale et économique *(L. Le Chatelier)*..... 265

Société des Ingénieurs civils de France. — Le voyage d'études de la Société des Ingénieurs civils dans la région normande 41
Etat actuel de la question des moteurs à huile lourde *(M. Bochet)* 531
Deux méthodes rapides pour le calcul des lignes à courant continu *(M.-E. Daroste)*..... 672
Etude sur les projecteurs *(V.-D. Schwertzler)*..... 1033

Commission d'Utilisation du Combustible. — Sur l'organisation des économies de combustibles dans l'industrie. Septième rapport de *P. Mahler*....688, 734

Société d'Etudes et d'Informations économiques. — Comment développer l'usage de l'énergie électrique en France *(Montchrestien)*..... 405

Comité national français de l'Eclairage. — Séance du 23 novembre 1922 873

Commission électrotechnique internationale. — Réunion de Genève des Comités d'Etudes 834, 874

Comité électrotechnique belge. — Réglementation belge concernant les fils et câbles isolés au caoutchouc, publiée par le Comité électrotechnique belge en mai 1922..... 288

Société française des Electriciens. — Séance du 5 juillet 1922. Les transmissions électriques dans les

Digitized by Google

engins de guerre (tanks, locomotives pétroléo-électriques) (*Dutilh*) 81
Autobus électriques à trolleys, dits « trolleybus », (*Iglesis*) 82
Séance du mercredi 8 novembre 1922. — Horloges entretenues électriquement destinées à l'usage courant (*Marius Lavet*) 754
Les ampoules à rayons X et leur fabrication (*Johannès*) 754
Séance du 6 décembre 1922. — Détermination rapide du champ magnétique terrestre. Méthode particulière de comparaison de champs magnétiques (*A. Pérot*) 922
Séance du 6 décembre 1922. — Transmission sans fil des images à distance (*Belin*) 922

Société des Ingénieurs de Montefiore. — Procédés vectoriels pour le calcul des réseaux électriques (*M. Musyck*) 973
Le voltmètre à couronne et la rigidité diélectrique de l'air (*J.-B. Whitehbad, Johns Hopkins* et *T. Isshiki*) 1009

Association Suisse des Electriciens. — L'approvisionnement de la Suisse en énergie électrique et l'exportation de celle-ci (*J. Landry*) 262
Etude graphique de la répartition du champ dans l'entrefer des machines électriques (*Wilhelm Stiel*) 153
Propriétés caractéristiques des transformateurs (*Kristen*) 449
Essais comparatifs de rendement de systèmes domestiques de chauffage et de cuisson (*J. Rutishauser*) 76
La chute de tension dans les transformateurs. Diagrammes et calculs (*Robert Edler*) 381
Un transformateur à air pour très hautes tensions (*W. Hess*) 811, 1034
La régulation des réseaux (*J. Landry*) 261
Entretien des lignes à haute tension sans interruption de service (*J. Ganguillet*) 651
Comment on peut changer la graduation des appareils de mesure 474
Wattmètre pour courants de haute fréquence (*P. Joye* et *E. Brasey*) 370

Institution of Electrical Engineers. — Les appareils de protection pour turbo-alternateurs (*J.-A. Kuyser*) 909
Les commutatrices considérées du point de vue spécial de l'électrification des chemins de fer (*F.-P. Whitaker*) 111
Circuits fantômes téléphoniques et circuits télégraphiques et téléphoniques combinés fonctionnant à des fréquences acoustiques (*J.-G. Hill*) 993

American Institute of Electrical Engineers. — L'emploi de forces électromotrices, de courants et de flux imaginaires superposés aux valeurs réelles dans la solution des problèmes des courants alternatifs (*Vladimir Karapetoff*) 273
Décharge d'un condensateur à travers un circuit gazeux (*Charles-P. Steinmetz*) 670
Régulation de la tension et isolement des réseaux de transmission à grande distance (*Franck-G. Baum*) 353
La distribution du flux magnétique dans les transformateurs (*Karl-B. Mc Eachron*) 890
Pertes dans les dents des machines rotatives (*Th. Spooner*) 272
La compensation du déphasage, principalement en ce qui concerne les moteurs polyphasés (*Val.-A. Fynn*) 443
La bobine de mise à la terre de Petersen (*R.-N. Conwell* et *R.-D. Evans*) 187
Sur certaines méthodes s'écartant de la pratique classique en fait de parafoudres (*E.-E.-F. Creighton*) 31
Diagramme des moteurs d'induction monophasés (*J.-K. Kostko*) 313
Echauffement des moteurs de traction en service et en essais de plate-forme (*G.-E. Luke*) 816
La radiotélégraphie (*G. Marconi*) 671

Bureau of Standards. — Théorie mathématique de la force électromotrice d'induction produite par la magnéto à haute tension (*F.-B. Silsbee*) 14
Le radiogoniomètre et son application à la navigation (*Frederic-A. Kolster* et *Francis W. Dunmore*) 191

Illuminating Engineering Society. — Le Code de l'Eclairage 192
Facteurs à considérer pour l'établissement des enseignes lumineuses (*C.-A. Atherton*) 326

SOCIETES PROFESSIONNELLES

Chambre syndicale des Forces hydrauliques. — L'Excursion de la Chambre Syndicale des Forces hydrauliques en Dauphiné et Savoie 161

Syndicat professionnel des industries électriques. — Annuaire pour 1922 234

Union des Syndicats de l'Electricité. — Le dîner annuel 2
Discours prononcé par M. Legouez, président de l'Union, au dîner du 28 juin 1922 43
Annuaire pour 1922 (Bibliographie) 202
Cahier des charges pour fourniture de lampes à incandescence à filaments métalliques dans le vide, établi par l'Union des Syndicats de l'Electricité, le 8 février 1922 sur étude de la 4e Commission. 277
Normalisation des fils méplats adoptée par le Comité de direction, le 14 juin 1922, sur étude de la 4e Commission de l'Union des Syndicats de l'Electricité 285
Règles françaises d'unification du matériel électrique (Modifications) 286

SOCIETES INDUSTRIELLES, COMMERCIALES ET FINANCIERES

Appareils électriques et Compteurs Garnier. — Assemblée générale ordinaire du 29 mai 1922 156

Ateliers de Constructions électriques de Charleroi. — Assemblée générale ordinaire du 27 mai 1922 572

Compagnie du Chemin de fer métropolitain de Paris. — Assemblée générale ordinaire du 16 juin 1922. 745

Compagnie d'Electricité de l'Ouest-Parisien Ouest-Lumière. — Assemblée générale ordinaire du 22 juin 1922 371

Compagnie générale d'Electro-Céramique. — Assemblée générale ordinaire du 6 octobre 1922 951

Compagnie Electro-Mécanique. — Assemblée générale du 6 juin 1922 229

Compagnie française des Câbles télégraphiques. — Assemblée générale ordinaire du 18 septembre 1922 915

Compagnie française pour l'Exploitation des Procédés Thomson-Houston. — Assemblée générale du 22 juin 1922 699

Digitized by Google

Compagnie française des Tramways électriques et Omnibus de Bordeaux. — Assemblée générale ordinaire du 27 avril 1922..... 613

Compagnie française de Tramways et d'Eclairage électriques de Shanghaï. — Assemblée générale ordinaire du 23 juin 1922..... 783

Compagnie générale des Câbles de Lyon. — Exercice 1921 78

Compagnie parisienne de Distribution d'Electricité. — Assemblée générale ordinaire du 27 mai 1922. 614

Compagnie générale parisienne de Tramways. — Assemblée générale ordinaire du 5 avril 1922..... 35

Compagnie générale de Travaux d'Eclairage et de Force. Anciens Etablissements Clémançon. — Assemblée générale ordinaire du 28 avril 1922..... 36

Compagnie lorraine d'Electricité. — Assemblée générale annuelle du 14 juin 1922..... 403

Compagnie lorraine de Charbons, Lampes et Appareillage électriques. — Assemblée générale ordinaire du 29 septembre 1922..... 784

Comptoir d'Achat des Tôles dynamos. — Assemblée générale ordinaire du 30 mars 1922..... 155

Electricité et Gaz du Nord. — Assemblée générale ordinaire du 20 décembre 1922..... 997

Energie électrique du Nord de la France. — Assemblée générale ordinaire du 29 juin 1922. Assemblée générale extraordinaire du 13 février 1922— 409

Est-Electrique. — Assemblée générale ordinaire du 29 juin 1922..... 329

Est-Lumière (Compagnie d'Electricité de l'Est Parisien). — Assemblée générale extraordinaire du 1er juillet 1922..... 329

Forces motrices du Haut-Rhin. — Assemblée générale ordinaire du 15 septembre 1922..... 534

Gaz et Electricité de Valence. — Assemblée générale ordinaire du 28 septembre 1922..... 654

Etablissements Gaiffe-Gallot et Pilon (Société anonyme). — Assemblée générale ordinaire du juillet 1922 571

Etablissements Devilaine et Rougé. Omnium d'Installations électriques. — Assemblée générale ordinaire du 20 juillet 1922..... 371

Lebon et Cie: Compagnie centrale d'Eclairage par le Gaz. — Assemblées générales ordinaire et extraordinaire du jeudi 30 mars 1922..... 77

Omnium lyonnais. — Assemblée générale ordinaire du 30 novembre 1922..... 1035

Union d'Electricité. — Assemblées générales ordinaire et extraordinaire du 24 juin 1922..... 611
Assemblée générale extraordinaire du 27 novembre 1922 997

Société anonyme des Forges et Aciéries du Nord et de l'Est. — Assemblée générale ordinaire du 30 octobre 1922 829

Société anonyme de la Manufacture de Machines auxiliaires pour l'Electricité et l'Industrie. — Assemblée générale du 11 mai 1922..... 230

Société d'Eclairage et de Force par l'Electricité à Paris. — Assemblée générale ordinaire du 26 juin 1922 196

Société Electro-Câble. — Assemblée générale extraordinaire du 10 octobre 1922..... 868

Société française Gardy. — Assemblée générale ordinaire du 30 septembre 1922 916

Société française Radioélectrique. — Assemblée générale extraordinaire du 13 octobre 1922..... 1036

Société des Forces motrices d'Auvergne. — Assemblée générale ordinaire du 16 juin 1922..... 297

Société générale de Forces motrices et d'Eclairage de la Ville de Grenoble. — Assemblée générale ordinaire du 29 mai 1922..... 230

Société des Forces motrices du Refrain. — Assemblée générale extraordinaire du 31 octobre 1922.. 951

Société des Forces motrices de la Vienne. — Assemblée générale ordinaire du 28 juin 1922..... 570

Société des Forces motrices de la Vis. — Assemblée générale ordinaire du 30 juin 1922..... 452

Société des Forges et Ateliers de Constructions électriques de Jeumont. — Assemblée générale du 15 juin 1922 653

Société hydroélectrique des Dranses. — Assemblée générale ordinaire du 15 juin 1922..... 155

Société nantaise d'Eclairage et de Force par l'Electricité. — Assemblée générale ordinaire du 30 juin 1922 452

Société parisienne pour l'Industrie des Chemins de fer et des Tramways électriques. — Assemblée générale ordinaire du 15 juin 1922..... 653

BIOGRAPHIES, DISTINCTIONS HONORIFIQUES, NECROLOGIES

Distinctions honorifiques. — Promotion de M. A. Mahieu à la dignité de Grand Officier dans l'Ordre national de la Légion d'honneur 162
Promotion de Alfred Dennery au grade de commandeur dans l'Ordre national de la Légion d'honneur 266

Nécrologie. — Henri Bazin, par *D. Eydoux*..... 1005
J.-René Benoit, par *Ch.-Ed. Guillaume*..... 124
Jules Boussard 537
Edmond Bouty 875
J. Fisher-Hinnen 1
Alexander-Graham Bell..... 457
Philippe-Auguste Guye 617
Gisbert Kapp 578
Frédéric Laporte 419
Ernest Solvay 377
Ernest Stassano 705

CONGRES, EXPOSITIONS, CONCOURS, CONFERENCES

Le voyage d'études de la Société des Ingénieurs civils dans la région normande..... 41
Compte rendu du concours du « Carburant national » fait à Béziers, du 2 au 9 avril 1922..... 451

Digitized by Google

Conférence internationale de Bibliographie et de Documentation 417
Congrès de Montpellier de l'Association française pour l'Avancement des Sciences 506

BIBLIOGRAPHIE

Ouvrages récents. — La matière et l'énergie selon la théorie de la relativité et la théorie des quanta, par *Louis Rougier*..... 122
La physique et la métaphysique des théories d'Einstein, par *Daniel Berthelot* 659
Einstein ou Euclide, par *Maurice Sauger*..... 706
La loi de Newton est la loi unique. Théorie mécanique de l'Univers, par *Max Franck*..... 84
Répertoire de Laboratoires français, par *Ch. Maurain* 306
Les forces de valence et les spectres de Rontgen, par *W. Kossel* 963
Conférences-rapports de documentation sur la physique 42
Introduction au calcul tensoriel et au calcul différentiel absolu, par *G. Juvet*..... 580
Traité théorique et pratique des règles à calcul Béghin, par *A. Béghin*..... 4
Vue d'ensemble sur les machines à calculer, par *M. d'Ocagne* 305
Traité de nomographie, par *Maurice d'Ocagne*.... 83
Cours de mécanique rationnelle, par *L. Roy*..... 498
Les axiomes de la mécanique. Note sur la propagation de la lumière, par *Paul Painlevé*..... 659
Traité de mécanique, par *P.-A. Podevyn*..... 964
Cours de mécanique appliquée, par *Marcel Lamotte* 122
La houille bleue, par le vice-amiral *Amet*..... 923
La houille blanche française (aujourd'hui et demain), par *Auguste Pawlowski*..... 306
Report on water power (rapport sur l'énergie hydraulique en Irlande 378
Recensement provisoire des forces hydrauliques du royaume des Serbes, Croates et Slovènes..... 579
L'exploitation des forces hydrauliques de l'Etat en Suède, 1921 963
La station de tarage des moulinets des Ponts-Jumeaux, à Toulouse, par *G. Sentenac*..... 912
Gazogènes et moteurs à gaz pauvre à la portée de tous, par *René Champly* 498
L'acier, élaboration et travail, par *J. Rouelle*..... 538
Notes économiques d'un métallurgiste, par *Camille Cavalier* 618
L'industrie du fer en France, par *Jacques Levainville* 458
Engineering Steels (Les aciers techniques), par *Leslie Aitchison* 961
La coloration des métaux, par *J. Michel*..... 963
Analogies mécaniques de l'électricité, par *J.-B. Pomey* 3
Cours d'Electricité générale de l'Ecole navale, par *E. Haudié* 162
Theoretisches und praktisches Lehrbuch für Elektrotechniker (Traité théorique et pratique à l'usage des ingénieurs électriciens), par *J. Fischer-Hinnen*) 1003
Principes d'électrotechnie, par *Emile Piérard*..... 338
Cours pratique d'électricité industrielle. Tome II. Etude des courants alternatifs simples et polyphasés, par *H. Chevalier*..... 1004
Cours pratique d'électricité industrielle. Tome III. Application des courants électriques, par *H. Chevalier* 1004
Production et distribution de l'énergie électrique. Partie exploitation, par *Constant van Gastel*.... 1003
Installations électriques industrielles. Installation, entretien, contrôle, par *R. Cabaud*..... 378
L'industrie électrique, par *Charles Proteus Steinmetz* 84
Installations électriques industrielles. Choix du matériel, par *R. Cabaud* 580
Atlas de l'ingénieur électricien, par *Fernand Lopez*.. 705
Manuel pratique du monteur électricien 1922, par *J. Laffargue et L. Jumau*..... 578
Guide du monteur électricien, par *R. Swyngedauw*. 669
La technique du métier d'électricien, par *Raoul Caillault* 660
Les machines électriques, théorie et construction, par *A. Mauduit* 538
Manuale per il collando delle Machine elettriche, par *G. Bianchi* 122
Construzioni elettromeccaniche, Calcolo, Disegno e fabricazione delle Machine elletriche. Accessori ed applicazioni, par *Ettore Morelli*..... 202
Calcul et spécification des machines dynamoélectriques, par *Miles Walker*..... 924
The theory of direct current dynamos and motors. (La théorie des dynamos et des moteurs à courant continu), par *John Case*..... 962
Calcolo delle condutture trifasi per la transmissione dell' energia e misure relative con numerose applicazioni numeriche (Calcul des lignes triphasées pour la transmission et mesures relatives, avec de nombreuses applications numériques), par *Emmanuele Raimondi*) 83
Réseaux d'énergie électrique, par *M. Daval*..... 306
Formulaire aide-mémoire de l'électricien praticien, par *E. Marec* 964
L'Electricité à la campagne, par *René Champly*.... 963
Kunstlicher Kautschuk für elektrische Isolierungszwecke (Caoutchouc artificiel employé comme isolant électrique), par *Kurt Geissler*..... 1002
Nos usines dévastées 458
Cahier des charges pour les distributions d'énergie, décret du 28 juin 1921, par *Paul Bougault*..... 579
Les électroaimants et les bobines d'induction, par *H. de Graffigny* 234
Traction électrique, par *Robert Marie*..... 305
Memento à l'usage des gradés et des sapeurs du régiment du génie, des téléphonistes et des radiotélégraphistes des régiments d'infanterie et d'artillerie, par *J. Jacob*..... 580
Méthode mnémonique pour apprendre l'alphabet Morse, par *Antony Bruyant*..... 579
Principles of Radio Communication (Principes de radiotélégraphie et radiotéléphonie), par *J.-H. Morecroft* 659
Traité de télégraphie électrique, par *H. Thomas*... 754
Thermionic Tubes in Radiotelegraphy and telephony, par *John Scott-Taggart*..... 123
The construction of amateur valve station, par *Alan L.-M. Douglas* 338
The ABC of Wireless. A popular explanation, par *W. Harris* 266
The radio experimenters' hand book, par *P.-R. Coursey* 964
La radiotéléphonie, par *Carlo Toché*..... 1003
Eléments de soudure autogène, par *R. Grajon, P. Rosemberg* et *M. Piette*..... 123
La Radiométallographie et ses applications à la soudure autogène, par *H. Pilon*..... 123
Electrical Engineering Testing (Essais électriques), par *G.-D. Aspinall-Parr*..... 84
Essais des machines électriques, par *C.-F. Guilbert*). 384
Cours de mesures électriques, tome II, par *E. Vigneron* 922
Le bilan de l'Etatisme, par *A. Delemer*..... 660
L'organisation sociale des entreprises, par *E. Romanet* 754

Digitized by Google

La France et les huit heures, par *André François-Poncet* et *Emile Mireaux*..... 301
Le régime des huit heures, par *Robert Veyssié*.... 794
L'entreprise gouvernementale et son administration, par *Albert Schatz* 489
Le problème de la socialisation en Allemagne, par *Marcel Tardy* 295
Une enquête en Allemagne, par *Max Hoschiller*.... 963
Organisation administrative industrielle, par *J.-M. Caquas* 1002
Les projets de réforme fiscale, par *Pierre Bodin*..... 1004
Si j'étais ministre des Finances, par *Jean Labadie*.. 924
L'impôt sur le revenu (Les grandes lignes de la réforme fiscale. Esquisse d'une politique fiscale démocratique, par *Louis Copin*..... 580
Le problème des assurances sociales, en France, par *Montchrestien* 924
Vade-Mecum de l'inventeur (777 inventions à réaliser de haute importance industrielle), par *Edwin-W. Ligginson*) 706
Traité pratique de navigation aérienne, par *A.-B. Duval* et *L. Hébrard* 338
Discours et mélanges, par *Emile Picard*..... 794
Lexique technique anglais-français, par *G. Malgorn*. 4

Revues, périodiques, annales. — Notre numéro spécial à la mémoire d'Ampère..... 962
Elektrotechnische Zeitschrift 202
Annuaire du Ministère des Travaux publics, année 1922 2
Annuaire pour 1922 de l'Union des Syndicats de l'Electricité 202
Annuaire de la production métallurgique et mécanique de Lyon et de la région..... 578
Annuaire du Syndicat professionnel des industries électriques pour 1922..... 234
The Year Book of Wireless Telegraphy and Telephony 1922 (Annuaire de radiotélégraphie et de radiotéléphonie) 923
The « Electrician » Annual Tables of Electricity Undertaking, 1922 3
Annales des Postes, Télégraphes et Téléphones..... 418

Errata de la R. C. E. — Erratum du tome XII, p. 146 : Applications de la métallisation par le procédé Schoop aux installations de transmission d'énergie (*A. Dagory*)..... 244
Erratum du tome XII, p. 334 : Loi du 10 août 1922 réglementant le privilège du Trésor pour le recouvrement de la contribution extraordinaire sur les bénéfices de guerre 456
Erratum du tome XII, page 641 : Note sur le calcul des déversoirs de crues des barrages réservoirs (*Otto Sommer*) 868
Erratum du tome XII, p. 528 : Les nouvelles règles allemandes d'unification concernant les machines et transformateurs (*A. Hansson*)..... 576

VARIETES

Lexique technique anglais-français, par *G. Malgorn* (Bibliographie) 4
Vade-Mecum de l'inventeur (777 inventions à réaliser de haute importance industrielle), par *Edwin-W. Ligginson* (Bibliographie) 706
Traité pratique de navigation aérienne, par *A.-B. Duval* et *L. Hébrard* (Bibliographie)..... 338
Sur la responsabilité des Compagnies de transport en ce qui concerne le poids des objets transportés.. 959
Le « sabotage » du langage technique..... 337

RÉPERTOIRE GÉOGRAPHIQUE

ALLEMAGNE. — L'état actuel de l'électrification des chemins de fer de l'Etat allemand..... 488

BELGIQUE. — Réglementation belge concernant les fils et câbles isolés au caoutchouc, publiée par le Comité électrotechnique belge 288

COMPIÈGNE. — L'exposition de matériel électrique agricole (*Ach. Delamarre*)..... 635

GENNEVILLIERS. — Inauguration de l'usine génératrice de Gennevilliers 42

IRLANDE. — Report of water power (Rapport sur l'énergie hydraulique en Irlande (Bibliographie). 378

MONTPELLIER. — Congrès de Montpellier de l'Association française pour l'Avancement des Sciences. 506

NORD. — La grande centrale thermoélectrique de Comines (*J. Reyval*) 55, 93

PÉZENAS (Hérault). — Projet d'installation d'une station radiotélégraphique émettrice à Pézenas.... 965

RITOM (Suisse). — Les alternateurs monophasés de la centrale de Ritom des Chemins de fer fédéraux suisses 698

SAINT-GOTHARD (Suisse). — L'électrification du tronçon Lucerne-Chiasso de la ligne du Saint-Gothard des Chemins de fer fédéraux suisses (*R. Sachs*)... 693

SEINE-ET-MARNE. — Le centre radioélectrique de Saint-Assise (*G. Malgorn* et *M. Adam*)..... 169

SUISSE. — L'approvisionnement de la Suisse en énergie électrique et l'exportation de celle-ci (*J. Landry*) 262

VIENNE. — L'usine hydroélectrique de L'Isle-Jourdain (*J. Reyval*) 597

Digitized by Google

TABLE DES NOMS D'AUTEURS

ADAM (M.). — Voir *Malgorn* (*G.*) et *Adam* (*M.*).... 169

AHLM (C.-E.-F.). — Système de chargement des accumulateurs et de mise en marche pour les automobiles 810

AITCHISON (Leslie). — Engineering Steels (Les aciers techniques) (Bibliographie) **961**

ALBRECHT-PFISTER (A.). — Accumulateur..... 772

ALLEN (J.-M.). — Perfectionnements dans les électrodes pour batteries d'accumulateurs..... 767

AMADUZZI(L.). — Voir *Tadesco* (*G.*) et *Amaduzzi* (*L.*) 841

AMERICAN TRADING COMPANY OF FRANCE. — Caisse à accumulateurs pour tracteurs électriques..... 809

AMET. — La houille bleue (Bibliographie)..... 923

ARMSTRONG (H.). — Quelques perfectionnements récents des circuits à réaction..... 799

ARNODIN (F.). — Sur la construction des grands barrages en maçonnerie 508
Sur l'emploi récent des câbles dans la construction. 508

AROSIO (M.). — Perfectionnements apportés aux boîtes des accumulateurs électriques..... 772

ASPINALL-PARR (G.-D.). — Electrical Engineering Testing (Essais électriques) (Bibliographie)..... 84

ATHERTON (C.-A.). — Facteurs à considérer pour l'établissement des enseignes lumineuses..... 326

AUCLAIR et BOYER-GUILLON. — Les accéléromètres Auclair et Boyer-Guillon..... 369

AUSTIN (L.-V.). — Les radiocommunications à longue distance 74

AUTOMATIC TRANSPORTATION C°. — Construction et perfectionnements à des chariots et tracteurs à accumulateurs 809

BAUM (Franck-G.). — Régulation de la tension et isolement des réseaux de transmission d'énergie à grande distance 353

BAYLE (F.). — Sur la normalisation des dimensions des éléments de la construction mécanique. La loi des longueurs industrielles 345

BAZIN (Henri). — Nécrologie..... 1005

BÉGHIN (A.). — Traité théorique et pratique des règles à calcul Béghin (Bibliographie)..... 4

BELIN. — Transmission sans fil des images à distance 922

BELL (Alexandre-Graham). — Nécrologie..... 457

BARBILLION (L.) et POIRSON (A.). — Application de la méthode calorimétrique pour la détermination du rendement des turbines hydrauliques 564

BETHENOD (J.). — Sur la théorie du changeur de fréquence à collecteur 379
— Sur la détermination de la chute de tension dans les alternateurs polyphasés..... 765

— Perfectionnements aux installations électriques d'éclairage comportant des batteries d'accumulateurs 810
— A propos des bobines de résonance pour télégraphie sans fil..... 921

BERTHELOT (Daniel). — La physique et la métaphysique des théories d'Einstein (Bibliographie).. 659

BIANCHI (G.). — Manuale per il collando delle Machine elettriche (Bibliographie)..... 122

BIDWELL (C.-C.). — Résistance et pouvoir thermoélectrique du germanium métallique..... 386

BIERMANS (J.). — L'état actuel de la question des surtensions 718

BLANC (F.). — Normalisation de la tension du rotor et des rhéostats de démarrage des moteurs asynchrones 814

BLONDEL (André). — Sur l'arc électrique dyssymétrique entre charbons et métaux..... 168
— Compléments à la théorie des alternateurs à deux réactions, branchés sur un réseau à potentiel constant 203, 235

BOCHET (M.). — Etat actuel de la question des moteurs à huile lourde 531

BODIN (Pierre). — Les projets de réforme fiscale (Bibliographie) 1004

BOSCH TRÉGUANY (*A.*). — Voir *Sola Vila* (*J.*) et *Bosch Tréguany* (*A.*)..... 771

BOUCHEROT (P.). — L'aspect physique de la propagation des courants alternatifs sur les longues lignes 499
— La transmission d'énergie sans onde de retour.. 755
— La mobilisation technique..... 568

BOUCHET (L.). — Electromètre absolu plan-cylindre. 974

BOUGAULT (Paul). — L'enregistrement des polices de consommation 79
— Le privilège du Trésor et les bénéfices de guerre. Déclaration (Loi nouvelle du 10 août 1922)..... 331
— Les droits d'octroi et les concessionnaires d'énergie 373
— Les arbres, leur chute et la responsabilité du propriétaire à l'égard des distributions d'énergie.... 453
— La distribution des réserves dans les Sociétés par actions. Arrêt du 6 mars 1922 rendu contre une société concessionnaire 573
— Cahier des charges pour les distributions d'énergie, décret du 28 juin 1921 (Bibliographie)..... 579
— Droits d'enregistrement et de transcription. Résumé des principes élémentaires et des innovations récentes 869
— Cession et rachat de concession au point de vue fiscal 1037

BOUKSPOUN (S.). — Voir *Duval* (*E.*) et *Boukspoun* (*S.*) 387

BOUSSARD (Jules). — Nécrologie..... 537

Digitized by Google

Bouthillon (L.). — Sur la détermination de la longueur d'onde optimum pour une radiocommunication donnée 585
— Quelques inégalités importantes de l'électrotechnique 925

Bouty (Edmond). — Nécrologie 875

Boyer-Guillon — Voir *Auclair* et *Boyer-Guillon*.. 369

Brasey (E.). — Voir *Joye (P.)* et *Brascy (E.)*..... 370

Breit (Gregory) — La capacité effective des bobines à plusieurs couches à section carrée et circulaire. 50

Brilli (F.). — L'importance du coefficient de self induction 244

Brüninghaus (L.). — Les isotopes, la désintégration artificielle des éléments 466

Bruyant (Antony). — Méthode mnémonique pour apprendre l'alphabet Morse (Bibliographie)..... 579

Brylinski (E.). — Le champ magnétique et l'induction magnétique sont-ils de même nature ?..... 539
— Le champ magnétique et l'induction magnétique sont-ils de même nature ?..... 753

Bunet (P.). — La construction électrique française et la construction étrangère 439

Burger (O.). — Le facteur de puissance dans les transformateurs et les lignes de transmission.... 945

Bush et Smith (C.-G.) — Un nouveau redresseur.. 632

Cabaud (R.). — Installations électriques industrielles. Installation, entretien, contrôle. (Bibliographie) 378
Installations électriques industrielles. Choix du matériel (Bibliographie) 580

Cahen (L.) — Application des abaques Brown et Blondel à quelques problèmes concernant les lignes télégraphiques et téléphoniques 47
— Les câbles téléphoniques et télégraphiques Paris, Villecresnes, Sainte-Assise 183

Caillault (Raoul). — La technique du métier d'électricien (Bibliographie) 660

Camichel (C.). — Sur le régime turbulent..... 763

Caquas (J.-M.). — Organisation administrative industrielle (Bibliographie)..... 1002

Case (John). — The theory of direct current dynamos and motors (La théorie des dynamos et des moteurs à courant continu) (Bibliographie)..... 962

Cavalier (Camille). — Notes économiques d'un métallurgiste (Bibliographie) 618

Champly (René). — Gazogènes et moteurs à gaz pauvre à la portée de tous (Bibliographie)..... 498
— L'électricité à la campagne (Bibliographie)..... 963

Chazournes (Noir de). — A propos de la vérification des connexions des compteurs à haute tension.... 233

Chevalier (H.). — Cours pratique d'électricité industrielle. Tome II. Etude des courants alternatifs simples et polyphasés (Bibliographie)..... 1004
— Cours pratique d'électricité industrielle.Tome III. Application des courants électriques (Bibliographie) 1004

Chouippe (J.-G.). — Plaque d'accumulateurs électriques 767

Coates (W.-A.). — Installation des interrupteurs à haute tension 1027

Compton (K.-T.). — La physique de la lampe à trois électrodes 550

Conwell (R.-N.) et Evans (R.-D.). — La bobine de mise à la terre de Petersen..... 187

Cooper (W.-R.). — Quelques réflexions sur l'accumulateur à hydrate de plomb..... 696

Copin (Louis). — L'impôt sur le revenu (Les grandes lignes de la réforme fiscale. Esquisse d'une politique fiscale démocratique) (Bibliographie).... 580

Coster (D.). — Sur les spectres de rayons X et la théorie de la structure atomique 629

Cotté (E.-A.). — Perfectionements aux accumulateurs électriques 769

Courvoisier (G.). — Voir *Roth (A.)* et *Courvoisier (G.)* 402

Coursey (P.-R.). — The radio experimenters' hand-book (Bibliographie) 964

Creighton (E.-E.-F.). — Sur certaines méthodes s'écartant de la pratique classique en fait de paratonnerres 31

Crochat (Etablissements Henry). — Perfectionnements apportés aux systèmes de commande pour installations électriques comportant un combinateur de couplage, tels notamment que ceux à adjoindre aux moteurs électriques pour la propulsion des véhicules automobiles qui utilisent pour leur alimentation une batterie d'accumulateurs... 809
— Perfectionnements apportés aux véhicules automobiles électriques dont la force motrice est fournie par accumulateurs 810

Curchod (Ad.). — De l'influence de la fréquence du courant sur le fonctionnement des moteurs asynchrones 581

Dagory (A.). — Application de la métallisation par le procédé Schoop aux installations de transmission d'énergie 146
Erratum 244

Dareste (M.-E.). — Deux méthodes rapides pour le calcul des lignes à courant continu..... 672

Daval (M.). — Réseaux d'énergie électrique (Bibliographie) 306
— Sur les erreurs de connexions des compteurs triphasés à haute tension..... 553

Defour (A.). — Sur l'utilisation de l'énergie des marées 673

Delamarre (Ach.). — L'exposition de matériel électrique agricole de Compiègne..... 635

Delemer (A.). — Le bilan de l'Etatisme (Bibliographie) 660

Dennery (Alfred). — Promotion au grade de commandeur dans l'Ordre national de la Légion d'Honneur 266

Descombes (Paul). — Les méfaits du déboisement.. 509

Devant (Ch.). — Sur la vérification du branchement des compteurs à haute tension 595

Dongier. — Sur un téléphone autodétecteur..... 610

Douglas (Alan-L.-M.). — The construction of amateur valve station (Bibliographie)..... 338

Dubuc (R.). — Perfectionnements aux accumulateurs 771

Dufour (A.). — Oscillographe cathodique pour basses et moyennes fréquences 1031

Digitized by Google

DUNMORE (Francis-W.). — Voir *Kolster (Frédéric-A.)* et *Dunmore (Francis-W.)*..... 191

DUNOYER (L.) et TOULON (P.). — Sur la polarité de l'arc électrique 91

DURLER (W). — La fin des travaux d'électrification des chemins de fer rhétiques..... 558

DUTILH. — Les transmissions électriques des engins de guerre (tanks, locomotives pétroléo-électriques) 81

DUVAL (A.-B.) et HÉBRARD (L.). — Traité pratique de navigation aérienne (Bibliographie)..... 338

DUVAL (E.) et BOUKSPOUN (S.). — La ligne de transmission d'énergie à 120 000 volts de la Basse-Isère 387

EACHRON (Karl-B.-Mc). — La distribution du flux magnétique dans les transformateurs..... 890

EDLER (Robert). — La chute de tension dans les transformateurs. Diagrammes et calculs..... 381

EVANS (R.-D.). — Voir *Conwell (R.-N.)* et *Evans (R.-D.)* 187

EYDOUX (D.). — Nécrologie de Henri Bazin..... 1005

FAZEL (C.-S.). — Mesures de temps et de pression dans la décharge en couronne..... 136

FERNAND-JACQ. — Fonctions publiques et participations financières. Le projet de loi Joseph Barthélemy sur les incompatibilités parlementaires. 37
— Le renforcement de la législation française concernant la répression des fausses indications d'origine depuis 1914 113
— Le renforcement de l'inquisition fiscale..... 411
— Le nouveau régime des Sociétés d'assurances mutuelles 451
— Projet de loi concernant les caisses de secours et de retraites des établissements industriels et commerciaux 655
— La réforme de la législation sur la propriété industrielle 785
— Le nouveau régime des chemins de fer. Les résultats de la période de transition..... 865
— Un programme de répression de la concurrence déloyale 953
— La situation créée par l'abrogation partielle de la législation sur la spéculation illicite 999

FERRÉOL (C.). — Voir *Fontvielle (A.)* et *Ferréol (C.)* 163

FÉRY (C.-J.-V.). — Accumulateur.....769, 804

FISCHER-HINNEN (J.). — Theoretisches und praktisches Lehrbuch für Elektrotechniker (Traité théorique et pratique à l'usage des ingénieurs électriciens) (Bibliographie) 1003
— Nécrologie 1

FLIGHT (W.-S.). — La rigidité diélectrique de l'huile 228

FONTVIELLE (A.). — Note sur la tarification de l'énergie électrique 519

FONTVIELLE (A.) et FERRÉOL (C.). — Marche en parallèle des centrales électriques 163

FORIS (A.). — Sur l'application des tarifs maxima prévus aux cahiers des charges des distributions d'énergie 701

FORSYTHE (W.-E.). — Voir *Hyde (E.-P.)* et *Forsythe (W.-E.)* 134

FOURNIER. — Les piles à dépolarisation par l'air.... 1019

FRANCK (Max). — La loi de Newton est la loi unique. Théorie mécanique de l'univers (Bibliographie) 84

FRANÇOIS-PONCET (André) et MIREAUX (Emile). — La France et les huit heures (Bibliographie).... 301

FRÖLICH (E.). — Détermination du coefficient d'écoulement des vannes du barrage mobile d'Augst-Whylen 73

FRONTARD. — Le choix de la température d'ajustage des calibres industriels 943

FYNN (Val.-A.). — La composition du déphasage, principalement en ce qui concerne les moteurs polyphasés 443

GANGUILLET (J.). — Entretien des lignes à haute tension sans interruption de service..... 651

GARREAU (O.-A.). — Perfectionnements à la construction des éléments d'accumulateurs plus spécialement pour batteries transportables..... 771

GASTEL (Constant van). — Production et distribution de l'énergie électrique. Partie exploitation (Bibliographie) 1003

GEISSLER (Kurt). — Kunstlicher Kautschuk für elektrische Isolierungswecke (Caoutchouc artificiel employé comme isolant électrique) (Bibliographie). 1002

GENKIN (D.). — Note sur les transmissions par courroies 975

GIRARD (J.). — Applications de l'électricité à l'agriculture 1024

GRAFFIGNY (H. de). — Les électroaimants et les bobines d'induction (Bibliographie)..... 234

GRANGER (Albert). — Observations sur la cuisson de produits céramiques dans des fours chauffés électriquement 227

GRANIER. — Influence de la fréquence sur les pertes dans les diélectriques 459

GRANJON (R.), ROSENBERG (P.) et PIETTE (M.). — Eléments de soudure autogène (Bibliographie).. 123

GRESSE (M.-P.) et TINCHAUT (V.-E.). — Dispositif de commande d'une dynamo pour recharger les accumulateurs de tout appareil cinématographique. 810

GUÉRY (F.). — Sur une propriété curieuse d'un montage spécial des machines électriques excitées en série 92
— Les expériences cruciales de la théorie de la relativité restreinte 508

GUILBERT (C.-F.). — Essais des machines électriques (Bibliographie) 3

GUILBERT (André). — Sur le calcul de l'attraction des électroaimants 714

GUILLAUME (Ch.-Ed.). — Nécrologie de J.-René Benoit 124

GUYARD. — Sur le calcul de l'élévation de température d'après la variation de résistance..... 201

GUYE (Philippe-Auguste). — Nécrologie..... 617

HACAULT (G.) — Machine d'extraction électrique avec groupe convertisseur Ward Leonard Ilgner 835, 877

HANSSON (A.). — Les nouvelles règles allemandes d'unification concernant les machines et transformateurs 528
Erratum 576

Digitized by Google

HARRIS (W.). — The ABC of Wireless. A popular explanation (Bibliographie) 266

HAUDIÉ (E.). — Cours d'Electricité générale de l'Ecole navale (Bibliographie) 162

HÉBRARD (L.). — Voir *Dural (A.-B.)* et *Hébrard (L.)* 338

HELLMUND (R.-E.). — Détermination de l'élévation de température des moteurs sous charges de courte durée 607

HENNEQUIN (L.-A.). — Perfectionnements aux accumulateurs et application aux lampes électriques de poche 768

HENRY (D.). — Voir *Tailleferre (H.)* et *Henry (D.)*. 767

HESS (W.). — Un transformateur à air pour très hautes tensions 811, 1034

HEUZEY. — Voir *Société Caillard* et *Heuzey*..... 771

HIECKE (Richard). — Détermination graphique de la chute de tension en courant triphasé, d'après Hochenegg 932
— Etude sur le pont de Thomson..... 71

HILL (J.-G.). — Circuits fantômes téléphoniques et circuits télégraphiques et téléphoniques combinés fonctionnant à des fréquences acoustiques .. 993

HÖCHSTADTER. — Les pertes diélectriques et les limites des tensions électriques admissibles dans les câbles 323

HOFFMANN (H.) et MESSTORFF (G.). — Bobines de résonance pour télégraphie sans fil..... 609

HOLLAND (W.-E.) et PEARSON (L.-J.). — Perfectionnements aux séparateurs pour accumulateurs électriques 771

HOLLAND (W. E.) et SKINNER (J.-M.). — Perfectionnements aux séparateurs pour accumulateurs électriques 771

HOPKINS (Johns). — Voir *Whitehhad (J.-B.)*, *Hopkins (Johns)* et *Isshiki (T.)*..... 1009

HOSCHILLER (Max). — Une enquête en Allemagne (Bibliographie) 963

HOTTINGER. — L'utilisation des chaleurs perdues.. 403

HOWARD (J.). — Economies dans la construction des sous-stations 996

HUND (August). — Sur le redressement des courants. 592

HYDE (E.-P.) et FORSYTHE (W.-E.). — Couleur et éclat de différents corps lumineux en fonction de la température 134

IGLESIS. — Autobus électriques à trolley dits « trolleybus »..... 82

IMHOF (A.). — Comment on peut changer la graduation des appareils de mesure 474

IRON (C.-D.). — Voir *Wendt (G.)* et *Iron (C.-D.)*. 800

ISSHIKI (T.). — Voir *Whitehhad (J.-B.)*, *Hopkins (Johns)* et *Isshiki (T.)*..... 1009

JACOB (J.). — Mémento à l'usage des gradés et des sapeurs du régiment du génie, des téléphonistes et des radiotélégraphistes des régiments d'infanterie et d'artillerie (Bibliographie)..... 580

JANET (Paul.) — Sur les étalons prototypes de l'ohm international 127

JANET (J.) et MORIN (E.). — Accumulateur électrique 767

JANVIER (W.). — Branchement de secours pour compteurs triphasés 721

JAULA (G.). — Le Groupement des Houillères envahies et les solutions générales adoptées au point de vue électrique dans la reconstitution des mines 724

JELLINCK (Stéphan). — Danger de toucher les ampoules malpropres 995

JOHANNÈS. — Les ampoules à rayons X et leur fabrication 754

JOITEL (A.). — Nomogrammes pour les calculs mécaniques des lignes aériennes de transmission d'énergie électrique. Calcul des conducteurs.... 5

JONES (R.-M.). — Perfectionnements aux couvercles des bacs d'accumulateurs 773

JOUAUST (R.). — Comparaison des étalons prototypes de l'ohm international 128

JOYE (P.) et BRASEY (E.). — Wattmètre pour courants de haute fréquence 370

JUMAU (L.). — Les accumulateurs électriques d'après les brevets récents. Accumulateurs au plomb 767
— Les accumulateurs électriques d'après les brevets récents. Accumulateurs autres que l'élément au plomb 804

JUMAU (L.). — Voir *Laffargue (J.)* et *Jumau (L.)*. 578

JUPPONT (P.). — L'emploi de l'électricité dans la petite industrie 484

JUVET (G.). — Introduction au calcul tensoriel et au calcul différentiel absolu (Bibliographie)..... 580

KADE (Fr.) et KRAMER (Ch.). — La transformation des courants triphasés en courant continu..... 401

KADRNOZKA (Léo). — La régulation de la tension sur le réseau bavarois 948

KAPP (Gisbert). — Nécrologie..... 578

KARAPETOFF (Vladimir). — L'emploi de forces électromotrices, de courants et de flux imaginaires superposés aux valeurs réelles dans la solution des problèmes des courants alternatifs..... 273

KARAVODINE (V. de). — Accumulateur électrique.. 770

KARAVODINE (V. de) et MICHAUD (G.). — Accumulateur électrique 770

KARLEN (Vasilesco). — Sur une classe particulière de pile 212

KAY THOMPSON (Maurice de). — Récents progrès de l'électrochimie appliquée 486

KENNARD (E.-G.). — Le rapport entre le rendement et les frais d'exploitation des petits moteurs et génératrices 72

KIMPLIN (Georges). — Propriétés et applications industrielles de la bakélite..... 637

KŒCHLIN (M.). — Sur la mise à la terre du neutre d'un réseau triphasé 322

KOLSTER (Frédéric-A.) et DUNMORE (Francis-W.). — Le radiogoniomètre et son application à la navigation 191

KOSSEL (W.). — Les forces de valence et les spectres de Röntgen (Bibliographie)..... 963

KOSTKO (J.-K.). — Diagramme des moteurs d'induction monophasés 313
— Influence du changement de la fréquence sur les

Digitized by Google

caractéristiques des moteurs d'induction polyphasés 930

KRAMER (Ch.). — Voir *Kade (Fr.)* et *Kramer (Ch.)*. 401

KRISTEN. — Propriétés caractéristiques des transformateurs 449

KÜCHLER (Rudolf). — Calcul de l'erreur introduite par les transformateurs de mesure 644

KUYSER (J.-A.). — Les appareils de protection pour turboalternateurs 909

LABADIÉ (Jean). — Si j'étais ministre des Finances (Bibliographie) 924

LAFFARGUE (J.) et JUMAU (L.). — Manuel pratique du monteur électricien 1922 (Bibliographie)..... 578

LAMOTTE (Marcel). — Cours de mécanique appliquée (Bibliographie) 122

LANDRY (J.). — La régulation des réseaux..... 261
— L'approvisionnement de la Suisse en énergie électrique et l'exportation de celle-ci..... 262

LAPORTE (Frédéric). — Nécrologie, par *Paul Janet*.. 419

LATOUR (Marius). — Le centre radioélectrique de Sainte-Assise 233

LAURIOL (P.) — A propos de l'emploi des imaginaires en électrotechnique 657

LAVANCHY (Ch.). — Abaque pour le calcul de la puissance déwattée consommée par un réseau triphasé 1017

LAVET (Marius). — Horloges entretenues électriquement destinées à l'usage courant.....754, 845

LAVILLE (G.). — Calcul graphique du degré d'irrégularité d'une machine 85

LEBERT (F.). — Le champ magnétique et l'induction magnétique sont-ils de même nature?..... 542

LEBLANC (Maurice). — Sur les lampes à trois électrodes, anode, cathode et grille intermédiaire, où le courant est transporté par des ions, et leurs applications 259
— Sur l'électrification des chemins de fer au moyen de courants alternatifs de fréquence élevée..... 275

LE CHATELIER (Louis). — La lutte pour l'abolition de la syphilis, sa portée sociale et économique.. 265

LEDOUX (Ch.) et KŒCHLIN (M.). — Sur la mise à la terre du neutre d'un réseau triphasé..... 685

LEFÈVRE (G.). — Le fil de cuivre émaillé..... 479

LEGENDRE. — L'Œuvre de la Direction des Recherches industrielles et agricoles et des Inventions.. 506

LEGOUEZ (R.). — Discours prononcé par M. Legouez, président de l'Union, au dîner du 28 juin 1922, de l'Union des Syndicats de l'Electricité... 43

LEVAINVILLE (Jacques). — L'industrie du fer en France (Bibliographie) 458

L'HERMITTE (J.). — Sur un problème de minimum relatif au calcul des lignes électriques 339

LIÉNARD (A.). — Sur les feuillets magnétiques..... 470
— Le champ à l'intérieur des aimants est-il unique ou multiple? 544

LIGGINSON (Edwin-W.). — Vade-Mecum de l'inventeur (777 inventions à réaliser de haute importance industrielle (Bibliographie)..... 706

LOPEZ (Fernand). — Atlas de l'ingénieur électricien (Bibliographie) 705

LUKE (G.-E.). — Echauffement des moteurs de traction en service et en essais de plate-forme..... 816

MAHIEU (A.). — Promotion de M. A. Mahieu à la dignité de Grand Officier dans l'Ordre national de la Légion d'honneur..... 162

MAHLER (P.). — Sur l'organisation des économies de combustibles dans l'industrie 689, 734

MALÉGARIE (Ch.). — Sur la formule de Neumann donnant le coefficient d'induction mutuelle de deux circuits 795

MALGORN (G.). — Lexique technique anglais-français (Bibliographie) 4

MALGORN (G.) et ADAM (M.). — Le centre radioélectrique de Saint-Assise 169

MARCONI (G.). — La radiotélégraphie..... 671

MAREC (T.). — La vérification des connexions des compteurs à haute tension 477
— Formulaire aide-mémoire de l'électricien praticien (Bibliographie) 964

MARÉCHAL (E.). — Procédé de construction de pylônes en béton armé 989

MARGAND (F.). — Méthode de calcul des transformateurs basée sur la recherche du prix de revient... 315

MARIE (Robert). — Traction électrique (Bibliographie) 305

MARINO (Algéri). — Au sujet des antennes radiotélégraphiques des aéronefs 324

MAROYER. — Comparaison sommaire des différents systèmes de chauffe au charbon pulvérisé..... 508

MARTY (Georges). — La Société des Nations..... 821

MASING. — Le fendillement des pièces étirées en laiton ou autres alliages en cuivre 294

MATHIVET. — Au sujet de l'unification de la puissance des moteurs synchrones et asynchrones.... 577

MAUDUIT (A.). — Les machines électriques. Théorie et construction (Bibliographie)..... 538

MAURAIN (Ch.). — Répertoire de Laboratoires français (Bibliographie) 306

MEISSNER (A.) — La résistance de terre des antennes 290

MERCIER (H.). — Sur l'emploi de l'huile dans les transformateurs 858

MERIT (Mervill de). — Les conditions économiques du fonctionnement d'un réseau en triangle ouvert 645

MESNY (R.). — Génération par tubes électroniques d'oscillations polyphasées de haute fréquence.... 764

MESSTORFF (G.). — Voir *Hoffmann (H.)* et *Messtorff (G.)* 609

MICHAUD (G.). — Voir *Karavodine (V. de)* et *Michaud (G.)* 770

MICHEL (J.). — La coloration des métaux (Bibliographie) 963

MIREAUX (Emile). — Voir *François-Poncet (André)* et *Mireaux (Emile)*..... 301

MONTCHRESTIEN. — Comment développer l'usage de l'énergie électrique en France 405
— Le problème des assurances sociales en France (Bibliographie) 924

Digitized by Google

MORECROFT (J.-H.). — Principles of Radio Communication (Principes de radiotélégraphie et radiotéléphonie (Bibliographie) 659
— Resistance et capacité des bobines en haute fréquence 820

MOREAU (Georges). — Sur les méthodes d'essai de dureté des corps 106

MORELLI (E.-Hore). — Construzioni elettromeccaniche. Calcolo. Designo e fabricazione delle Macchine elettriche. Accessori ed applicazioni..... 202

MORIN (P.). — Application de la méthode chronophotographique à la mesure de l'écoulement de l'eau en déversoir 433

MORIN (E.). — Voir *Janet (J.)* et *Morin (E.)*..... 767

MOULARD. — Essais de réception à Montpellier de messages radiotéléphoniques émis à Paris..... 510

MOYE (Marcel). — Utilisation du courant alternatif industriel dans les postes à lampes de réception de radiocommunications 512

MUGGE (M.). — Voir *Schneider (O.)* et *Mugge (M.)*. 767

MUSYCK (M.). — Procédés vectoriels pour le calcul des réseaux électriques 973

NAKAO (S.). — Voir *Tsuji (M.)* et *Nakao (S.)*..... 773

NEU (L.). — Immobilisant pour tous liquides et principalement pour les liquides corrosifs ou non employés dans les piles ou les accumulateurs électriques 769
— Perfectionnements aux piles et accumulateurs électriques 804

NOLIE (J.-A. Van der). — Matière isolante..... 772

NOUGUIER (A.) — Construction et emploi des abaques de 1914 de M. Blondel pour le calcul mécanique des conducteurs des lignes électriques aériennes.. 421

OCAGNE (Maurice d'). — Traité de nomographie.... 83
— Vue d'ensemble sur les machines à calculer (Bibliographie) 305

OHLSON (Harold). — La localisation d'un défaut dans un câble 344

O'KEENAN (C.-Ed.). — Compteur O'K watt-heuremètre à entretien réduit pour courant continu..... 252

PAHIN (Lucien-A.-H.). — La commande électrique des grands postes d'aiguilles et signaux de chemins de fer. La cabine « Aster » de Pontoise.... 23

PAINLEVÉ (Paul). — Les axiomes de la mécanique. Note sur la propagation de la lumière (Bibliographie) 659

PALANCHON (G.). — Influence du déphasage sur le fonctionnement des commutatrices 707

PARKER-SMITH (A.). — Perfectionnements aux piles d'accumulateurs 772

PAWLOWSKI (Auguste). — La houille blanche française (aujourd'hui et demain) (Bibliographie).... 306

PEARSON (L.-J.). — Voir *Holland (W.-E.)* et *Pearson (L.-J.)*..... 771

PÉCHEUX (H.). — Du régime de fonctionnement électrique des lampes au tungstène à atmosphère gazeuse 245

PECTOR (Désiré). — Importations et exportations françaises de matériel électrique, produits électrométallurgiques et électrochimiques 193, 567

PEPPER (D.). — Perfectionnements aux batteries électriques 772

PERKENS (H.-A.). — Sur la résistance des couches conductrices minces électrisées..... 432

PERROT (A.). — Sur un procédé rapide de détermination des éléments du magnétisme terrestre..922, 1011

PERRIN (Gabriel-Henri). — Diagramme des machines synchrones saturées 928

PERRIN (Félix). — Projet d'installation d'une station radiotélégraphique émettrice à Pézenas..... 965

PHILIPPART (G.). — Perfectionnements apportés dans l'établissement des piles secondaires dénommées accumulateurs électriques 772

PICARD (Emile) — Discours et mélanges (Bibliographie) 794

PIÉRARD (Emile). — Principes d'électrotechnie (Bibliographie) 338

PIETTE (M.). — Voir *Granjon (R.)*, *Rosenberg (P.)* et *Piette (M.)*..... 123

PILON (H.). — La radiométallographie et ses applications à la soudure autogène (Bibliographie) 123

PIRON (Gaëtan). — Le problème du contrat collectif du travail en France 157

PISTOYE (H. de). — Sur le projet de normalisation des dimensions des éléments de la construction mécanique 68

PIVETEAU (J.-G.-L.). — Appareil de répétition des signaux et de contrôle automatique des trains système « Regan » 218

PODEVYN (P.-A.). — Traité de mécanique (Bibliographie) 964

POIRSON (A.). — Voir *Barbillion (L.)* et *Poirson (A.)* 564

POIRSON (E.). — Note sur la conduite des réseaux à courants alternatifs 855

POMEY (J.-B.). — Analogies mécaniques de l'électricité (Bibliographie) 3

POPESCO (Jean G.). — Sur la relation entre les phénomènes photoélectriques et la tension superficielle du mercure 432

POUCHAIN (A.). — Procédé pour prolonger la conservation à l'état sec de la charge des électrodes positives à peroxyde de plomb pour accumulateurs électriques 768

POUCHAIN (A.). — Système pour réduire les actions électrochimiques sur les bords des plaques négatives des accumulateurs électriques 805
— Plaque négative pour accumulateurs électriques. 805
— Electrode négative pour accumulateurs électriques. 807
— Système pour couper avec le circuit l'électrode soluble des piles et accumulateurs électriques 807
— Perfectionnements aux accumulateurs électriques. 807
— Accumulateur électrique à négatif de zinc..... 807

POUGNET (J.). — Variation de la force électromotrice d'un élément Weston en quartz sous l'influence de la lumière ultraviolette 514

PREISS (A.). — Sur la constante diélectrique des isolants possédant de la viscosité..... 1001

RAIMONDI (Dr Pompeo). — Calcolo delle condutture trifasi per la trasmissione dell'energia e misure relative con numerose applicazioni numeriche (Calcul des lignes triphasées pour la transmission

Digitized by Google

de l'énergie et mesures relatives avec de nombreuses applications numériques) (Bibliographie).... 83

RAVEN (Vincent-L.). — Locomotives électriques.... 1029

REMAURY (A.). — Quelques considérations sur la loi du 16 octobre 1919 et des conséquences de cette loi sur le régime des eaux antérieur..... 197

REY (Charles) et WILFART (Maurice). — L'exploitation électrique des puits pétrolifères en Roumanie 933

REYVAL (J.). — La grande centrale thermoélectrique de Comines (Nord) 55, 93
— L'usine hydroélectrique de L'Isle-Jourdain (Vienne) 597

RICHTER (Rudolph). — Montage pour les essais de démarrage des moteurs 34

RIDSDALE (L.-D.). — La théorie du moteur triphasé à collecteur à excitation shunt et à vitesse variable 129

ROBERTSON (J.-K.). — La décharge sans électrodes dans certaines vapeurs 476

ROMANET (E.). — L'organisation sociale des entreprises (Bibliographie) 754

ROQUET (Jacques). — Dispositif permettant l'équilibrage des pièces tournantes « en cours de rotation à leur vitesse de régime »..... 1013

ROSENBERG (P.). — Voir *Granjon* (*R.*), *Rosenberg* (*P.*) et *Pictte* (*M.*)..... 123

ROTH (A.) et COURVOISIER (G.). — Essais d'une bobine d'extinction des courts-circuits à la terre. 402

ROUELLE (J.). — L'acier, élaboration et travail (Bibliographie) 538

ROUGIER (Louis). — La matière et l'énergie selon la théorie de la relativité et la théorie des quanta (Bibliographie) 122
— Les phénomènes photoélectriques et leurs applications à la photométrie stellaire..... 168

ROY (L.). — Cours de mécanique rationnelle (Bibliographie) 498
— Sur le champ et l'induction magnétiques et les unités électriques 548
— Sur les trois constantes fondamentales de l'électricité et du magnétisme 1007

RUTHERFORD (Ernest). — Radioactivité..... 587

RUTISHAUSER (J.). — Essais comparatifs de rendement de systèmes domestiques de chauffage et de cuisson 76

SACHS (R.). — L'électrification du tronçon Lucerne-Chiasso de la ligne du Saint-Gothard des Chemins de fer fédéraux suisses 693

SAUGER (Maurice). — Einstein ou Euclide (Bibliographie) 706

SCHATZ (Albert). — L'entreprise gouvernementale et son administration (Bibliographie)..... 489

SCHNEIDER (O.) et MUGGE (M.). — Electrode pour accumulateurs 767

SCHUBERT (A.). — Les moteurs semi-Diesel, état actuel de leur construction et de leur utilisation.... 646

SCHULER. — L'influence de l'isolement des conducteurs sur la puissance des machines 293

SCHWERTZLER (V.-D.). — Etude sur les projecteurs. 1033

SCHWOB (L.). — Quelques considérations sur les moteurs thermiques 267

SCOTT-TAGGART (John). — Thermionic tubes in Radiotelegraphy and telephony (Bibliographie)..... 123

SCOUMANNE (F.). — La vérification des connexions des compteurs à haute tension..... 137

SEIDEL (F.). — Sur le rayonnement des antennes circulaires et semi-circulaires 50

SENTENAC (G.). — La station de tarage des moulinets des Ponts-Jumeaux, à Toulouse (Bibliographie) 912

SIEMENS-SCHUCKERT WERKE G. m. b. H. — Dispositif pour la détermination comparative de l'état de décharge de deux batteries d'accumulateurs de sous-marins utilisées temporairement séparément. 809

SILSBEE (F.-B.). — Théorie mathématique de la force électromotrice d'induction produite par la magnéto à haute tension 14

SKINNER (J.-M.). — Voir *Holland* (*W.-E.*) et *Skinner* (*J.-M.*) 771

SLABY (R.). — Disposition des batteries d'accumulateurs dans les voiturettes automobiles électriques 809

SMITH (C.-G.). — Voir *Bush* et *Smith* (*C.-G.*).... 632

SMITH (H.-E.) — Perfectionnements aux batteries d'accumulateurs 768

SOCIÉTÉ DES ACCUMULATEURS FIXES ET DE TRACTION.— Perfectionnements aux plaques d'accumulateurs.. 805

SOCIÉTÉ DES ACCUMULATEURS FIXES ET DE TRACTION.— Presse-étoupe pour accumulateurs 805
— Machine à remplir les pochettes de matière active des plaques d'accumulateur nickel-fer..... 806

SOCIÉTÉ DE L'ACCUMULATEUR TUDOR. — Electrode d'accumulateur électrique 768
— Perfectionnements apportés à la suspension des plaques dans les récipients d'accumulateurs électriques 772

SOCIÉTÉ ANONYME DES ETABLISSEMENTS L. BLÉRIOT. — Perfectionnements apportés aux installations électriques comportant, en même temps que des accumulateurs, un générateur de courant non à potentiel constant, quoiqu'à puissance limitée..... 807

SOCIÉTÉ CAILLARD et HEUZEY. — Dispositif de suspension pour électrodes d'accumulateurs 771

SOCIÉTÉ THE HAZELETT STORAGE BATTERY COMPANY. — Accumulateur et son procédé de fabrication. 768

SOCIÉTÉ H.-F.-J. DE POIX ET Cie. — Perfectionnement aux accumulateurs électriques 773

SOLA VILA (J.) et BOSCH TRÉGUANY (A.). — Dispositif d'étanchéité pour récipients démontables d'accumulateurs électriques 771

SOLVAY (Ernest). — Nécrologie 377

SOMMER (Otto). — Note sur le calcul des déversoirs de crues des barrages réservoirs 641
Erratum 868

SOULLIÉ. — Note sur la comparaison des machines électriques au moyen de graphiques logarithmiques 213

SPARRE (Comte de). — Au sujet des dépressions résultant d'une rupture dans une conduite forcée. 431

SPOONER (Th.). — Pertes dans les dents de machines rotatives 272

STASSANO (Ernest). — Nécrologie..... 705

Digitized by Google

STEELS (O.). — Note relative à un système de réception de signaux électriques applicable à la télégraphie Morse 483

STEINMETZ (Charles-Proteus). — L'industrie électrique 84
— Décharge d'un condensateur à travers un circuit gazeux 670

STIEL (Wilhelm). — Etude graphique de la répartition du champ dans l'entrefer des machines électriques 153
— Recherches oscillographiques sur les champs magnétiques et les forces électromotrices induites des moteurs d'induction 471

STUBBINGS (G.-W.). — Notes sur la théorie des phasemètres 796

STOKVIS (L.-G.). — Sur la définition de la tension, de l'intensité et du facteur de puissance d'un système triphasé 307
— Sur la production des harmoniques 3 dans les machines à induction à charge déséquilibrée....619, 661
— Sur la détermination de la chute de tension dans les alternateurs polyphasés 921
— Sur l'électrification des chemins de fer aux Pays-Bas 906

SVENSKA ACKUMULATOR AKTIEBOLAGET JUNGNER. — Electrode pour éléments électriques, en particulier pour éléments secondaires, et son procédé de fabrication 804

SWYNGEDAUW (R.). — Guide du monteur électricien (Bibliographie) 660

TADESCO (G.) et AMADUZZI (L.). — Sur la variation de l'intensité du courant de décharge dans les tubes à vide avec la température (recherches relatives à l'air, l'hydrogène et l'anhydride carbonique) 841

TAILLEFERRE (H.) et HENRY (D.). — Procédé de fabrication des plaques d'accumulateurs au plomb. 767

TARDY (Marcel). — Le problème de la socialisation en Allemagne 295

THOMAS (H.). — Traité de télégraphie électrique (Bibliographie) 754

THOMPSON (J.-L.). — Appareil d'essai pour accumulateurs 810

THORMANN (L.). — Choix d'un système de traction électrique pour les grandes lignes de chemin de fer 910

TOCHÉ (Carlo). — La radiotéléphonie (Bibliographie) 1003

TOULON (P.). — Voir *Dunoyer (L.)* et *Toulon (P.)*... 91

TRAUTNER (M.). — Le facteur de puissance et le rendement des moteurs asynchrones..... 398

TSUJI (M.) et NAKAO (S.). — Perfectionnements aux accumulateurs 773

TURPAIN (A.). — La vitesse des oscillations électriques et la mesure des longueurs d'onde..... 511
— La téléphonie multiple par lampes à 3 électrodes. 556

VARENNE (Alexandre). — L'aménagement des forces motrices hydrauliques en France et la construction des lignes de transmission d'énergie électrique à haute tension 993

VIEL (G.). — Contribution à l'étude des chaines d'isolateurs pour les réseaux à haute tension.... 801

VIGNERON (E.). — Cours de mesures électriques, tome II (Bibliographie) 922

VEYSSIÉ (Robert). — Le régime des huit heures (Bibliographie) 794

WALKER (Miles). — Calcul et spécification des machines dynamoélectriques (Bibliographie)..... 924

WATTELET (E.). — L'aspect industriel de l'électrification des campagnes 773

WEILER (Wilhem). — L'accélération dans les montages en cascade des moteurs à courant continu avec les moteurs triphasés 516

WEINBERGER (J.). — L'enregistrement des signaux radiotélégraphiques à grande vitesse..... 863

WELCH (H.-L.). — Accumulateur électrique..... 767

WENDT (G.) et IRON (C.-D.). — La transmutation des éléments tungstène-hélium et l'énergie atomique des corps 800

WERNER (R.). — Considération sur le développement des puissantes unités et des grandes entreprises électriques 912

WESTPHAL (W.-H.). — Sur les forces exercées par le rayonnement électromagnétique 633

WHIDDINGTON (R.). — Electrons de rayons X..... 591
— Phénomènes de polarisation dans les tubes à rayons X 518

WHITAKER (F.-P.). — Les commutatrices considérées du point de vue spécial de l'électrification des chemins de fer 111

WHITEHEAD (J.-B.), HOPKINS (Johns) et ISSHIKI (T.). — Le voltmètre à couronne et la rigidité diélectrique de l'air 1009

WIELMANN (Rudolf). — L'influence du facteur de puissance sur le prix de l'énergie électrique..... 913

WILFART (Maurice). — Voir *Rey (Charles)* et *Wilfart (Maurice)* 933

WOOD (J.-C.). — Essais d'isolateurs de ligne sous 280 000 v 533

ZEDERBOHM (W.). — Choix de la tension aux bagues dans les moteurs asynchrones ayant un induit constitué par un enroulement à doubles barres.. 861

Digitized by Google

INDEX DES ANNONCES

MATÉRIEL ÉLECTRIQUE

Accumulateurs.

COMPAGNIE GÉNÉRALE ÉLECTRIQUE DE NANCY, rue Oberlin, Nancy (Meurthe-et-Moselle).

FULMEN (ACCUMULATEURS), 18, quai de Clichy, Clichy (Seine).

GADOT, Porte Champerret, Levallois (Seine).

SOCIÉTÉ DES ACCUMULATEURS ÉLECTRIQUES, 18, route de Cherbourg, Nanterre (Seine).

SOCIÉTÉ DES ACCUMULATEURS FIXES ET DE TRACTION, route Nationale, Romainville (Seine).

SOCIÉTÉ GRAMME, 26, rue d'Hautpoul, Paris (19e).

SOCIÉTÉ POUR LE TRAVAIL ÉLECTRIQUE DES MÉTAUX, 26, rue Laffitte, Paris (9e).

THOMSON-HOUSTON (Cie française pour l'Exploitation des Procédés), 178, boulevard Haussmann, Paris (8e).

TUDOR, 26, rue de la Bienfaisance, Paris (8e).

Appareillage électrique.

ALUMINIUM FRANÇAIS, 12, rue Roquépine, Paris (8e).

APPAREILLAGE ÉLECTRIQUE GRIVOLAS, 14, rue Montgolfier, Paris (3e).

APPAREILLAGE ÉLECTRIQUE INDUSTRIEL, CHEVEAU ET Cie, 16, rue Oberkampf, Paris (11e).

ASEA (Société suédoise d'Electricité), Vesteras (Suède).

ATELIERS DE CONSTRUCTIONS ÉLECTRIQUES DE DELLE, 28, boulevard de Strasbourg, Paris (10e).

ATELIERS DE CONSTRUCTIONS ÉLECTRIQUES DE METZ, 23, rue Charles-Pêtre, Metz.

BARDON, 61, boulevard National, à Clichy (Seine).

BONVOISIN, 35, boulevard Richard-Lenoir, Paris (11e).

CADIOT, 31, rue de Maubeuge, Paris (10e).

COMPAGNIE ELECTRO-MÉCANIQUE, 12, rue Portalis, Paris (8e)

COMPAGNIE GÉNÉRALE ÉLECTRIQUE DE NANCY, rue Oberlin, Nancy (Meurthe-et-Moselle).

COMPAGNIE GÉNÉRALE D'ELECTRICITÉ, 54, rue La Boétie, Paris (8e).

CONSTRUCTIONS ÉLECTRIQUES, 22, quai de la Bataille, Nancy (Meurthe-et-Moselle).

CONSTRUCTIONS ÉLECTRIQUES DE FRANCE, 19, rue Louis-le-Grand, Paris (9e).

CONSTRUCTION ÉLECTRIQUE (Société de), 67, rue Molière, Lyon (Rhône).

DELAFON (Vve), 82, boul. Richard-Lenoir, Paris (11e).

DEMOLY (E.), 43, rue de Trévise, Paris (9e).

EFGÉ (Société de Fournitures générales pour l'Electricité), 75, avenue de la République, Paris (11e).

FORGES ET ATELIERS DE CONSTRUCTIONS ÉLECTRIQUES DE JEUMONT, Jeumont (Nord) et 75, boulevard Haussmann, Paris (8e).

GABREAU, 12, rue du Président-Wilson, Levallois-Perret.

GARDY, 23, rue de la Voie-des-Bancs, Argenteuil (Seine)

JAPY frères et Cie, Beaucourt (Haut-Rhin) et 7, rue du Château-d'Eau, Paris (10e).

LEGENDRE frères, 27, rue Saint-Fargeau, Paris (20e).

LEROYER, 204, rue Saint-Maur, Paris (10e).

MATABON (Etablissements J.-L.), 159, avenue Thiers et rue de La Viabert, Lyon (Rhône).

MATÉRIEL INDUSTRIEL ÉLECTRIQUE, 36, rue Baudin, Paris (9e).

MÉTALLURGIQUE ÉLECTRIQUE (La), 14, rue Taitbout, Paris (9e).

MILDÉ (Ch.) fils et Cie, 60, rue Desrenaudes, Paris (17e).

NORMAN LEE, 47, rue du Ranelagh, Paris (16e).

PETRIER, TISSOT ET RAYNAUD, 24, rue de la Part-Dieu, Lyon (Rhône).

PRONER ET Cie, 89, rue de la Roquette, Paris (11e).

SCHNEIDER ET Cie, 42, rue d'Anjou, Paris (8e).

SOCIÉTÉ ALSACIENNE DE CONSTRUCTIONS MÉCANIQUES, Belfort (Haut-Rhin) et 32, rue de Lisbonne, Paris (8e).

SOCIÉTÉ ANONYME DES ATELIERS DE SÉCHERON, Genève (Suisse).

SOCIÉTÉ ANONYME DE CONSTRUCTION DE DÉMARREURS ET INTERRUPTEURS, 20, rue du Télégraphe, Paris (20e).

SOCIÉTÉ ANONYME DES PORCELAINES ET APPAREILLAGES ÉLECTRIQUES GRAMMONT, 10, rue d'Uzès, Paris (2e).

SOCIÉTÉ DES CONDENSATEURS DE TRÉVOUX, Trévoux (Ain).

SOCIÉTÉ D'ELECTRICITÉ MORS, 28, rue de la Bienfaisance, Paris (8e).

SOCIÉTÉ ELECTRIQUE DE NANCY, 9, quai René-II, Nancy (Meurthe-et-Moselle).

SOCIÉTÉ GRAMME, 26, rue d'Hautpoul, Paris (19e).

SOCIÉTÉ INDUSTRIELLE DES TÉLÉPHONES, 25, rue du 4-Septembre, Paris (2e).

SOCIÉTÉ D'INSTALLATIONS ET DE CONSTRUCTIONS ÉLECTRIQUES ET MÉCANIQUES BERTHON ET TOUZOT, 40, rue d'Aguesseau, Boulogne-sur-Seine.

SUTER, 3, rue Alphonse-Penaud, Paris (20e).

THOMSON-HOUSTON (Cie française pour l'Exploitation des Procédés), 173, boulevard Haussmann, Paris (8e).

TRANSFORMATEUR (Le), 15, avenue Matignon, Paris (8e).

LA TRANSFORMATION DE L'ENERGIE ÉLECTRIQUE, 58 *bis*, rue de la Chaussée-d'Antin, Paris (9e).

Digitized by Google

Charbons pour Balais et Lampes électriques.

COMPAGNIE LORRAINE DES CHARBONS, LAMPES ET APPAREILLAGES ÉLECTRIQUES, 56, faubourg Saint-Honoré, Paris (8e).

COMPAGNIE FRANÇAISE DES CHARBONS POUR L'ELECTRICITÉ, avenue Jules-Quentin, Nanterre (Seine).

COMPAGNIE GÉNÉRALE ÉLECTRIQUE DE NANCY, rue Oberlin, Nancy (Meurthe-et-Moselle).

LE CARBONE, 12 et 33, rue de Lorraine, Levallois (Seine).

MARSHALL ET Cie, 17, rue du Pont-aux-Choux, Paris (3e).

SOCIÉTÉ DES ELECTRODES DE SAVOIE, Notre-Dame-de-Briançon (Savoie).

Condensateurs.

COMPAGNIE GÉNÉRALE DES CABLES DE LYON, 41, chemin du Pré-Gaudry, Lyon (Rhône).

SOCIÉTÉ DES CONDENSATEURS DE TRÉVOUX, Trévoux (Ain).

SOCIÉTÉ GÉNÉRALE DES CONDENSATEURS ÉLECTRIQUES, Fribourg (Suisse) et 73, rue Notre-Dame-des-Champs, Paris (6e).

VARRET ET COLLOT (Société des Etablissements), 7, rue d'Hautpoul, Paris (19e).

Construction électrique et mécanique.

ASEA (Société suédoise d'Electricité), Vesteras (Suède).

ATELIERS ÉLECTRIQUES DE SAINT-OUEN, 13, rue de Clichy, Saint-Ouen (Seine).

ATELIERS DE CONSTRUCTIONS ÉLECTRIQUES DE BOULOGNE-SUR-SEINE, 87, rue du Château, Boulogne-sur-Seine (Seine).

ATELIERS DE CONSTRUCTIONS ÉLECTRIQUES DE DELLE, 28, boulevard de Strasbourg, Paris (10e).

ATELIERS DE CONSTRUCTIONS ÉLECTRIQUES DE LYON ET DU DAUPHINÉ, 10, rue d'Uzès, Paris (2e).

ATELIERS DE CONSTRUCTIONS ÉLECTRIQUES DE METZ, 23, rue Charles-Pêtre, Metz.

BACHELET (P.), 60 *ter*, rue Haxo, Paris (20e).

BONNIER, 20, rue Saint-Gilbert, Lyon (Rhône).

BOUCHAYER ET VIALLET (Etablissements), 105, cours Berriat, Grenoble (Isère).

BRÉGUET (Maison), 34, rue de Châteaudun, Paris (9e).

COMPAGNIE ELECTRO-INDUSTRIELLE, 32, rue Jean-Jaurès, Levallois-Perret (Seine).

COMPAGNIE ELECTRO-MÉCANIQUE, 12, rue Portalis, Paris (8e).

COMPAGNIE GÉNÉRALE D'ELECTRICITÉ, 54, rue La Boétie, Paris (8e).

COMPAGNIE GÉNÉRALE ÉLECTRIQUE DE NANCY, rue Oberlin, Nancy (Meurthe-et-Moselle).

CONSTRUCTIONS ÉLECTRIQUES, 22, quai de la Bataille, Nancy (Meurthe-et-Moselle).

L. COUFFINHAL, Saint-Etienne (Loire).

DAUPHINOISE ÉLECTRIQUE (La), rue Monestier-de-Clermont, Grenoble (Isère).

DESGOUTTES, 103, rue du Cherche-Midi, Paris (6e).

DORY ET GAIN, 33 à 39, rue du Pont-d'Ivry, Alfortville (Seine).

ETABLISSEMENTS MERLIN ET GÉRIN, rue du Monestier-de-Clermont, Grenoble (Isère).

ETABLISSEMENTS POSTEL, 199, rue de Vaugirard, Paris (14e).

FIVES-LILLE (Cie de), 7, rue Montalivet, Paris (8e).

FORGES ET ACIÉRIES DE LA MARINE ET D'HOMÉCOURT, Saint-Chamond (Loire) et 12, rue de la Rochefoucauld, Paris (9e).

FORGES ET ATELIERS DE CONSTRUCTIONS ÉLECTRIQUES DE JEUMONT, Jeumont (Nord) et 75, boulevard Haussmann, Paris (8e).

GABREAU, 12, rue du Président-Wilson, Levallois-Perret.

GIRAUDIER, 28-30, chemin Saint-Charles, Lyon (Rhône).

GRAMMONT (Etablissements A.), Pont-de-Chéruy (Isère).

HERLICQ, 44, rue Amelot, Paris (11e).

JAPY frères et Cie, Beaucourt (Haut-Rhin) et 7, rue du Château-d'Eau, Paris (10e).

JACQUET (frères) (Anciens Etablissements), Vernon (Eure).

LEFLAIVE ET Cie, Saint-Etienne (Loire) et 78, rue d'Anjou, Paris (10e).

LEGENDRE, frères, 37, rue Saint-Fargeau, Paris (20e).

MATABON, 149, avenue Thiers, Lyon (Rhône).

MOTEUR ÉLECTRIQUE (Le), 18, route de Crémieux, Lyon (Rhône).

OERLIKON (Société), à Oerlikon (Suisse) et 15, rue de Milan, Paris (9e).

PEYMEL ET GOUPILLE, 62, rue Jean-Claude-Vivant, Villeurbanne (Rhône).

SAUTTER-HARLÉ (Anciens Etablissements), 26, avenue de Suffren, Paris (15e).

SCHNEIDER ET Cie, 42, rue d'Anjou, Paris (8e).

SOCIÉTÉ ALSACIENNE DE CONSTRUCTIONS MÉCANIQUES, Belfort (Haut-Rhin) et 32, rue de Lisbonne, Paris (8e).

SOCIÉTÉ ANONYME DES ATELIERS DE SÉCHERON, Genève (Suisse).

SOCIÉTÉ D'APPLICATIONS ET DE FABRICATIONS INDUSTRIELLES, 14, rue de Bessano, Paris (16e).

SOCIÉTÉ DE CONSTRUCTION ÉLECTRIQUE, 67, rue Molière, Lyon (Rhône).

SOCIÉTÉ DE CONSTRUCTION ET DE LOCATION D'APPAREILS DE LEVAGE, 78, rue Vitruve, Paris (20e).

SOCIÉTÉ DE CONSTRUCTIONS MÉTALLIQUES DE BACCARAT (Meurthe-et-Moselle).

SOCIÉTÉ ELECTRIQUE DE NANCY, 9, quai René-II, Nancy (Meurthe-et-Moselle).

SOCIÉTÉ GRAMME, 26, rue d'Hautpoul, Paris (19e).

SOCIÉTÉ D'INSTALLATIONS ET DE CONSTRUCTIONS ÉLECTRIQUES ET MÉCANIQUES BERTHON ET TOUZOT, 40, rue d'Aguesseau, Boulogne-sur-Seine.

SOCIÉTÉ DES MOTEURS A GAZ ET D'INDUSTRIE MÉCANIQUE, 135, rue de la Convention, Paris (15e).

SOCIÉTÉ SAVOISIENNE DE CONSTRUCTIONS ÉLECTRIQUES, Aix-les-Bains (Savoie).

SOCIÉTÉ D'USINAGE DE MATÉRIEL ÉLECTRIQUE, 26, rue Gambetta, Boulogne-sur-Seine (Seine).

SOULIER (Appareils électriques), 7, rue de la Gare, Arcueil (Seine).

THOMSON-HOUSTON (Cie française pour l'Exploitation des Procédés), 173, boulevard Haussmann, Paris (8e).

WALTER, 19, rue Saint-Sébastien, Paris (11e).

WENGER (Anciens Etablissements F.), 13, chemin Guilloud, Lyon (Rhône).

WEYHER ET RICHEMOND (Anciens Etablissements), 52, route d'Aubervilliers, Pantin (Seine).

Digitized by Google

Matériel neuf et d'occasion.

Bossy (E.), 61, rue d'Angoulême, Paris (11e).

Bouillet (P.), 156, rue de Vanves, Paris (14e).

Catu, 82, avenue de la République, Paris (11e).

Dory et Gain, 33 à 39, rue du Pont-d'Ivry, Alfortville (Seine).

Hughes Bolkow Co Ltd, Audruicq (Pas-de-Calais).

Messmer (Alexandre), 93, boulevard Diderot, Paris (12e).

Universel electric (Etablissements Ad. Roulland), 37, rue de Bagnolet, Paris (20e).

Piles électriques.

Delafon (Vve), 82, boul. Richard-Lenoir, Paris (11e).

Le Carbone, 12 et 33, rue de Lorraine, Levallois (Seine).

Thomson-Houston (Cie française pour l'Exploitation des Procédés), 173, boulevard Haussmann, Paris (8e).

MESURES ET COMPTAGE

Appareils de Mesure.

Cadiot (M.), 31, rue de Maubeuge, Paris (10e).

Carpentier (J.), 20, rue Delambre, Paris (14e).

Chauvin et Arnoux, 186, rue Championnet, Paris (18e).

Compagnie de Construction électrique, 44, rue du Docteur-Lombard, Issy-les-Moulineaux (Seine).

Compagnie pour la Fabrication des Compteurs et Matériel d'Usines a Gaz, 18, boulevard de Vaugirard, Paris (15e).

Da et Dutilh, 81, rue Saint-Maur, Paris (11e).

Danon et Cie, 140, rue de la Croix-Nivert, Paris (15e).

Démoly, 43, rue de Trévise, Paris (9e).

Démoly et Martinot, 44, rue Saint-Lazare, Paris (9e).

Garnier, 23-25, rue Cavenne, Lyon (Rhône).

Guerfillon, 4, rue du Borrego, Paris (20e).

Landis et Gyr, 12, rue Lapeyrère, Paris (18e).

Novitas, 1, rue Jeune-Anacharsis, Marseille (Bouches-du Rhône).

Richard (J.), 25, rue Mélingue, Paris (19e).

Société anonyme lombarde C. G. S. (Anciennement Olivetti et Cie), 25, rue Pasquier, Paris (8e).

Société Gramme, 26, rue d'Hautpoul, Paris (19e).

Société industrielle pour la Fabrication d'Appareils de mesure, 5, rue Godot-de-Mauroy, Paris (9e).

Trub, Tauber et Cie, 36, boulevard de la Bastille, Paris (12e).

Zivy et Cie, 29 et 31, rue de Naples, Paris (8e).

Compteurs électriques.

Compagnie anonyme continentale pour la Fabrication des Compteurs a Gaz et autres Appareils, 17, rue d'Astorg, Paris (8e).

Compagnie de Construction électrique, 44, rue du Docteur-Lombard, Issy-les-Moulineaux (Seine).

Compagnie pour la Fabrication des Compteurs et Matériel d'Usines a Gaz, 18, boulevard de Vaugirard, Paris (6e).

Garnier, 23, rue Cavenne, Lyon (Rhône).

Japy frères et Cie, Beaucourt (Haut-Rhin) et 7, rue du Château-d'Eau, Paris (10e).

Landis et Gyr, 12, rue Lapeyrère, Paris (18e).

Sangamo Electric Co, 62, rue La Rochefoucauld, Paris (9e).

Société anonyme lombarde C. G. S., 25, rue Pasquier, Paris (8e).

MATÉRIEL POUR LIGNES DE DISTRIBUTION

Câbles et Fils électriques.

Aluminium français, 12, rue Roquépine, Paris (8e).

Compagnie générale des Cables de Lyon, 41, Chemin du Pré-Gaudry, Lyon (Rhône).

Compagnie générale d'Electricité, 54, rue La Boétie, Paris (8e).

Compagnie générale électrique de Nancy, rue Oberlin, Nancy (Meurthe-et-Moselle).

Constructions électriques de France, 19, rue Louis-le-Grand, Paris (9e).

Efgé (Société de Fournitures générales pour l'Electricité), 75, avenue de la République, Paris (11e).

Fil Dynamo (Le), 17 et 19, rue Barrême, Lyon (Rhône).

Forges et Ateliers de Constructions électriques de Jeumont, Jeumont (Nord) et 75, boulevard Haussmann, Paris (8e).

Geoffroy et Delore, 28, rue des Chasses, Clichy (Seine).

Grammont (Etablissements A.), Pont-de-Chéruy (Isère).

Jarriant (J.), 233, rue Croix-Nivert, Paris (15e).

Manufacture parisienne de Fils et Cables électriquues, 49, rue Fessart, Paris (19e).

Le Matériel téléphonique, 46, avenue de Breteuil, Paris

Pirelli et Cie, Milan (Italie).

Seghers (Ad.), 7, rue Scribe, Paris (9e).

Société alsacienne de Constructions mécaniques, Belfort (Haut-Rhin) et 32, rue de Lisbonne, Paris (8e).

Société Electro-Cable, 2, rue de Penthièvre, Paris (8e).

Société d'Electro-métallurgie de Dives, 11 *bis*, rue Roquépine, Paris (8e).

Société industrielle des Téléphones, 25, rue du 4-Septembre, Paris (2e).

Thomson-Houston (Cie française pour l'Exploitation des Procédés), 173, boulevard Haussmann, Paris (8e).

Isolateurs et Isolants.

Appareillage électrique Grivolas, 14, rue Montgolfier, Paris (3e).

Barnier (Etablissements), 95, avenue Victor-Hugo, Valence (Drôme).

Borschneck, 17, rue de la Fraternité, Bagnolet (Seine).

Cadiot (Marcel), 31, rue de Maubeuge, Paris (10e).

Compagnie générale d'Electricité, 54, rue La Boétie, Paris (8e).

Cie générale d'Electro-céramique, 64, rue Franklin, Ivry-Port (Seine).

Démoly (Ernest), 43, rue de Trévise, Paris (9e).

Démoly et Martinot, 44, rue Saint-Lazare, Paris (9e).

Digitized by Google

EFGÉ (Société de Fournitures générales pour l'Electricité), 75, avenue de la République, Paris (11e).

ELECTRO-PORCELAINE, 15, rue de Constantine, Lyon.

FEUGIER (Etablissements Louis), Sault-Brenaz (Ain).

GALLANT (Albert), Comines (Nord) et 1, rue Laffitte, Paris (10e).

GLADSTONE LTD (Thomas), 70, Honor Oak Road, London, S. E., 23.

GUICHARD (Aristide), Jallieu-Bourgoin (Isère).

HAEFELY (E.) et Cie, Bâle (Suisse).

HOLLINGSWORTH ET BEATTY, 4, rue Auber, Paris (9e).

ISOLATEURS CANADIENS HAVILAND, 3, rue Taitbout, Paris.

L. C. H. (Etablissements), 105, rue Lafayette, Paris (9e).

MANUFACTURE D'ISOLANTS DU RHÔNE, rue Bouchet, Lyon-Villeurbanne (Rhône).

MASSELIN, Bernay (Eure).

MATÉRIEL ISOLANT (Le), 20, rue Arago, Lyon-Villeurbanne (Rhône).

MÉTALLURGIQUE ÉLECTRIQUE (La), 14, rue Taitbout, Paris (9e).

MICAFIL, Zurich-Altstetten (Suisse).

PARVILLÉE frères et Cie (Anciens Etablissements), 56, rue de la Victoire, Paris (9e).

PIRELLI ET Cie, Milan (Italie).

SOCIÉTÉ ANONYME DES ANCIENNES USINES DE FUISSEAUX, Baudour (Belgique).

SOCIÉTÉ ANONYME DES PORCELAINES ET APPAREILLAGE ÉLECTRIQUE GRAMMONT, 10, rue d'Uzès, Paris (2e).

SOCIÉTÉ FIBRE ET MICA, rue Frédéric-Fays, Villeurbanne (Rhône).

SOCIÉTÉ FRANÇAISE GARDY, Argenteuil (Seine-et-Oise).

SOCIÉTÉ INDUSTRIELLE DES TÉLÉPHONES, 25, rue du 4-Septembre, Paris (2e).

SOCIETA ITALIANA MONTI ET MARTINI, 51, via Bergamo, Milan (Italie).

STERLING VARNISH Co, 13, rue du Départ, Paris (14e).

USINE CÉRAMIQUE D'AMBAZAC, Ambazac (Haute-Vienne) et rue de Berri, Paris (8e).

USINES DIÉLECTRIQUES DE DELLE, Delle (territoire de Belfort).

VALDELIÈVRE ET C. MAITRE, 11, rue d'Hauteville, Paris (9e).

WEIDMANN, Rapperswil (Suisse).

Protection des Réseaux

CAPART (G.), 189, rue Saint-Honoré, Paris (1er).

LA TRANSFORMATION DE L'ENERGIE ÉLECTRIQUE, 58 *bis*, rue de la Chaussée-d'Antin, Paris (9e).

Pylônes.

BOUCHAYER ET VIALLET (Etablissements), 155, cours Berriat, Grenoble (Isère) et 124, rue La Boétie, Paris (8e).

DESAULTY, 13, rue de Longueville, Saint-Quentin (Aisne) et 11, rue de Provence, Paris (9e).

JOYA (Régis), Grenoble (Isère).

LEFLAIVE ET Cie (Forges et Aciéries de la Chaléassière), Saint-Etienne (Loire) et 78, rue d'Anjou, Paris (8e).

SOCIÉTÉ DE CONSTRUCTIONS MÉTALLIQUES DE BACCARAT (Meurthe-et-Moselle).

SOCIÉTÉ DE MÉTALLISATION, Procédés « Schoop », 48, boulevard Haussmann, Paris (9e).

INSTALLATIONS ET ENTREPRISES ÉLECTRIQUES

COLLET, frères, 1, avenue Berthelot, Lyon (Rhône).

COMPAGNIE D'ENTREPRISES HYDRAULIQUES ET DE TRAVAUX PUBLICS, 25, rue de Courcelles, Paris (8e).

COMPAGNIE GÉNÉRALE D'ENTREPRISES ÉLECTRIQUES, 20, rue du Laos, Paris (15e) et 295, avenue Jean-Jaurès, Lyon (Rhône).

COMPAGNIE GÉNÉRALE DE TRAVAUX D'ECLAIRAGE ET DE FORCE (Anciens Etablissements Clémançon), 23, rue Lamartine, Paris (9e).

DESAULTY, 13, rue de Longueville, Saint-Quentin (Aisne) et 11, rue de Provence, Paris (9e).

DORY ET GAIN, 33 à 39, rue du Pont-d'Ivry, Alfortville (Seine).

ELECTRO-ENTREPRISE, 43, rue de la Bienfaisance, Paris (8e).

GIRAUDON, 11 bis, rue d'Aguesseau, Paris (8e).

LEBREC, 66, avenue de La Bourdonnais, Paris (7e).

RUTTIMAN frères, Lausanne (Suisse)

SOCIÉTÉ DE CONSTRUCTION ÉLECTRIQUE, 67, rue Molière, Lyon (Rhône).

SOCIÉTÉ D'ELECTRICITÉ MORS, 28, rue de la Bienfaisance, Paris (8e).

SOCIÉTÉ GÉNÉRALE D'ELECTRIFICATION, 14, rue Taitbout, Paris (9e).

SOCIÉTÉ GÉNÉRALE D'ENTREPRISES, 56, faubourg Saint-Honoré, Paris (8e).

SOCIÉTÉ DES GRANDS RÉSEAUX ÉLECTRIQUES, 8, rue Lamennais, Paris (8e).

SOCIÉTÉ DES GRANDS TRAVAUX DE MARSEILLE, 25, rue de Courcelles, Paris (8e).

TRAVAUX HYDRAULIQUES ET ENTREPRISES GÉNÉRALES, 2, rue de la Liberté, Grenoble (Isère).

UNIVERSEL ELECTRIC (Etablissements Ad. Roulland), 35, rue de Bagnolet, Paris (20e).

APPLICATIONS DE L'ÉLECTRICITÉ

ECLAIRAGE ET CHAUFFAGE

ALUMINIUM FRANÇAIS, 12, rue Roquépine, Paris (8e).

APPAREILLAGE ÉLECTRIQUE GRIVOLAS, 14 rue Montgolfier, Paris (3e).

BARDON, 61, boulevard National, Clichy (Seine).

COMPAGNIE DES LAMPES, 41, rue La Boétie, Paris (8e).

COMPAGNIE LORRAINE DES CHARBONS, LAMPES ET APPAREILLAGES ÉLECTRIQUES, 56, faubourg Saint-Honoré, Paris (8e).

COMPAGNIE FRANÇAISE POUR LA FABRICATION DES LAMPES ÉLECTRIQUES A INCANDESCENCE, 36, rue Godot-de-Mauroy, Paris (9e).

COMPAGNIE GÉNÉRALE D'ELECTRICITÉ, 54, rue La Boétie, Paris (8e).

COMPAGNIE GÉNÉRALE DE TRAVAUX D'ECLAIRAGE ET DE FORCE (Anciens Etablissements Clémançon), 23, rue Lamartine, Paris (9e).

CONSTRUCTIONS ÉLECTRIQUES DE FRANCE, 19, rue Louis-le-Grand, Paris (9e).

FABRIQUE DE LAMPES A INCANDESCENCE « ALPHA », 14, rue Déserte, Strasbourg (Bas-Rhin).

Digitized by Google

GRAMMONT (Etablissements A.), Pont-de-Chéruy (Isère).

GUINIER, 38, rue de Trévise, Paris (9e).

JUSTRAM, Electrische gloeilampen maatochappy, 375, Prinsengracht, Amsterdam.

LACARRIÈRE (Société), 48, rue de la Victoire, Paris (9e).

LAMPE PHILIPS, 8, Cité Paradis, Paris (10e).

MAIN ET Cie, 91, avenue de Clichy, Paris (17e).

MATÉRIEL TÉLÉPHONIQUE (Le), 46, avenue de Breteuil, Paris.

MILDÉ (Ch.) fils et Cie, 60, rue Desrenaudes, Paris (17e).

SOCIÉTÉ D'ELECTRICITÉ MORS, 28, rue de la Bienfaisance, Paris (8e).

SOCIÉTÉ GRAMME, 26, rue d'Hautpoul, Paris (19e).

SOUDURE ÉLECTRIQUE (La), 40, boulevard Auguste-Blanqui, Paris (5e).

THOMSON-HOUSTON (Cie française pour l'Exploitation des Procédés), 173, boulevard Haussmann, Paris (8e).

VISSEAUX (J.), 87, quai Pierre-Scize, Lyon (Rhône).

Accessoires pour l'Eclairage.

ERGÉ (Société de Fournitures générales pour l'Electricité), 75, avenue de la République, Paris (11e).

NOVITAS, 1, rue Jeune-Anacharsis, Marseille (Bouches-du-Rhône).

Chauffage et Cuisine électriques.

CALOR (Société), 200, rue Boileau, Lyon (Rhône).

CLIN, 29, rue Corbeau, Paris (10e).

ELECTRA SAINT-LOUIS, Saint-Louis (Haut-Rhin).

PARVILLÉE frères (Anciens Etablissements), 56, rue de la Victoire, Paris (9e).

ÉLECTROCHIMIE ET ÉLECTROMÉTALLURGIE

GRAMMONT (Etablissements A.), Pont-de-Chéruy (Isère).

SCHNEIDER ET Cie, 42, rue d'Anjou, Paris (8e).

SOCIÉTÉ ALSACIENNE DE CONSTRUCTIONS MÉCANIQUES, Belfort (Haut-Rhin) et 32, rue de Lisbonne, Paris (8e).

SOCIÉTÉ ANONYME DES ATELIERS DE SÉCHERON, Genève (Suisse).

SOCIÉTÉ D'ELECTROCHIMIE, 2, rue Blanche, Paris (9e)

SOCIÉTÉ DES ELECTRODES DE SAVOIE, Notre-Dame de Briançon (Savoie).

SOCIÉTÉ D'ELECTROMÉTALLURGIE DE DIVES, 11 *bis*, rue Roquépine, Paris (8e).

THOMSON-HOUSTON (Cie française pour l'Exploitation des Procédés), 173, boulevard Haussmann, Paris (8e).

LEVAGE ET MANUTENTION

Appareils de Levage et de Manutention

ASEA (Société suédoise d'Electricité), Vesteras (Suède).

COMPAGNIE ELECTRO-MÉCANIQUE, 12, rue Portalis, Paris (8e).

COMPAGNIE GÉNÉRALE ÉLECTRIQUE DE NANCY, rue Oberlin, Nancy (Meurthe-et-Moselle)

COUFFINHAL (L.), Saint-Etienne (Loire).

ETABLISSEMENTS EYDOUX-SAMAIN, 76, rue Lecourbe, Paris (15e).

FIVES-LILLE (Compagnie de), 7, rue Montalivet, Paris (8e)

FONDERIES ET ATELIERS DE LA COURNEUVE, 48, rue La Boétie, Paris (8e).

FORGES ET ATELIERS DE CONSTRUCTIONS ÉLECTRIQUES DE JEUMONT, Jeumont (Nord) et 75, boulevard Haussmann, Paris (8e).

HERZOG, 11, rue Bernoulli, Paris (8e).

JOYA (Régis), Grenoble (Isère).

LEFLAIVE ET Cie, Saint-Etienne, 78, rue d'Anjou, Paris (8e).

OERLIKON (Société), 15, rue de Milan, Paris (9e).

PONTILLE, 13, rue des Tournelles, Lyon (Rhône).

SAUTTER-HARLÉ, 26, avenue de Suffren, Paris (15e).

SCHNEIDER ET Cie, 42, rue d'Anjou, Paris (8e).

SOCIÉTÉ ALSACIENNE DE CONSTRUCTIONS MÉCANIQUES, Belfort (Haut-Rhin) et 32, rue de Lisbonne, Paris (8e).

SOCIÉTÉ DE CONSTRUCTION ET DE LOCATION D'APPAREILS DE LEVAGE, 78, rue Vitruve, Paris (20e).

SOCIÉTÉ GRAMME, 26, rue d'Hautpoul, Paris (19e).

THOMSON-HOUSTON (Cie française pour l'Exploitation des Procédés), 173, boulevard Haussmann, Paris (8e).

TRANSPORTEURS SIMPLEX (Compagnie des), 43, rue Lafayette, Paris (9e).

WENGER (Anciens Etablissements F.), 13, chemin Guilloud, Lyon (Rhône).

MINES

Matériel pour Mines.

COMPAGNIE ELECTRO-MÉCANIQUE, 12, rue Portalis, Paris (8e).

COMPAGNIE GÉNÉRALE ÉLECTRIQUE DE NANCY, rue Oberlin, Nancy (Meurthe-et-Moselle).

L. COUFFINHAL, Saint-Etienne (Loire).

FIVES-LILLE (Cie de), 7, rue Montalivet, Paris (8e).

FORGES ET ATELIERS DE CONSTRUCTIONS ÉLECTRIQUES DE JEUMONT, Jeumont (Nord) et 75, boulevard Haussmann, Paris (8e).

LEFLAIVE ET Cie (Forges et Aciéries de la Chaléassière), Saint-Etienne (Loire) et 78, rue d'Anjou, Paris (8e).

LEROY, 14, rue de Liége, Paris (9e).

OERLIKON (Société), 15, rue de Milan, Paris (9e).

SCHNEIDER ET Cie, 42, rue d'Anjou, Paris (8e).

SOCIÉTÉ ALSACIENNE DE CONSTRUCTIONS MÉCANIQUES, Belfort (Haut-Rhin) et 32, rue de Lisbonne, Paris (8e).

THOMSON-HOUSTON (Cie française pour l'Exploitation des Procédés), 173, boulevard Haussmann, Paris (8e).

MATÉRIEL RADIOMÉTALLOGRAPHIQUE

GAIFFE-GALLOT ET PILON (H.) (Société anonyme des Etablissements), 53, rue de Paris, Asnières (Seine).

TÉLÉGRAPHIE ET TÉLÉPHONIE

Télégraphie.

COMPAGNIE GÉNÉRALE DE TÉLÉGRAPHIE ET DE TÉLÉPHONIE, 25, rue des Usines, Paris (15e).

Télégraphie sans fil.

SOCIÉTÉ ANONYME DES ATELIERS DE SÉCHERON, Genève (Suisse).

SOCIETA ANONIMA BREVETI A. PEREGO, 10, Via Salaino, Milan (Italie).

SOCIÉTÉ DES CONDENSATEURS DE TRÉVOUX, Trévoux (Ain).

Digitized by Google

Société française Radio-Electrique, 79, boulevard Haussmann, Paris (9e).

Téléphonie.

Bréguet (Maison), 19, rue Didot, Paris (14e).

Matériel téléphonique (Le), 46, avenue de Breteuil, Paris (15e).

Societa anonima Breveti A. Perego, 10, Via Salaino, Milan (Italie).

Société anonyme des Porcelaines et Appareillage électrique Grammont, 10, rue d'Uzès, Paris (2e).

Société générale de télégraphie et de téléphonie, 25, rue des Usines, Paris (15e).

Société industrielle des Téléphones, 25, rue du 4-Septembre, Paris (2e).

Téléphones Le Las, 131, rue de Vaugirard, Paris (15e).

Thomson-Houston (Cie française pour l'Exploitation des Procédés), 173, boulevard Haussmann, Paris (8e).

TRACTION

Traction électrique.

Asea (Société suédoise d'Electricité), Vesteras (Suède).

Compagnie Electro-Mécanique, 12, rue Portalis, Paris (8e).

Fives-Lille (Compagnie de), 7, rue Montalivet, Paris (8e)

Forges et Ateliers de Constructions électriques de Jeumont, Jeumont (Nord) et 75, boulevard Haussmann, Paris (8e).

Oerlikon (Société), 15, rue de Milan, Paris (9e).

Schneider et Cie, 42, rue d'Anjou, Paris (8e).

Société alsacienne de Constructions mécaniques, Belfort (Haut-Rhin) et 32, rue de Lisbonne, Paris (8e).

Société parisienne pour l'Industrie des chemins de fer et des tramways électriques, 75, boulevard Haussman, Paris (8e).

Thomson-Houston (Cie française pour l'Exploitation des Procédés), 173, boulevard Haussmann, Paris (8e).

Appareillage pour la Traction.

Cadiot (M.), 31, rue de Maubeuge, Paris (9e).

Démoly (Ernest), 43, rue de Trévise, Paris (9e).

Métallurgique électrique (La), 14, rue Taitbout, Paris (9e).

Matériel roulant pour Chemins de fer.

Compagnie Electro-Mécanique, 12, rue Portalis, Paris (8e).

Constructions électriques de France, 19, rue Louis-le-Grand, Paris (9e).

Fives-Lille (Compagnie de), 7, rue Montalivet, Paris (8e).

Oerlikon (Société), 15, rue de Milan, Paris (9e).

Schneider et Cie, 42, rue d'Anjou, Paris (8e).

Société alsacienne de Constructions mécaniques, Belfort (Haut-Rhin) et 32, rue de Lisbonne, Paris (8e).

Signaux et Enclenchements pour Chemins de fer

Société d'Electricité Mors, 28, rue de la Bienfaisance, Paris (8e).

MACHINES MOTRICES

MACHINES HYDRAULIQUES

Aménagements hydrauliques et accessoires.

Ateliers des Charmilles, 109, route de Lyon, Genève (Suisse).

Bouchayer et Viallet, 155, cours Berriat, Grenoble (Isère).

Joya (Régis), Grenoble (Isère).

Leflaive et Cie (Forges et Ateliers de la Chaléassière), Saint-Etienne (Loire) et 78, rue d'Anjou, Paris (8e).

Société anonyme des Barrages automatiques, Zurich (Suisse).

Société hydro-mécanique, 61, allée de Brienne, Toulouse (Haute-Garonne).

Société des Turbines « Stam », 54-56, avenue de Saxe, Paris.

Turbines hydrauliques.

Ateliers des Charmilles, 109, route de Lyon, Genève (Suisse).

Constructions électriques de France, 19, rue Louis-le-Grand, Paris (9e).

Neyret-Beylier et Piccard-Pictet (Ateliers), Grenoble (Isère).

Société anonyme Th. Bell et Cie, Kriens-Lucerne (Suisse).

Société hydro-mécanique, 61, allée de Brienne, Toulouse (Haute-Garonne).

Société des Turbines « Stam », 54-56, avenue de Saxe, Paris.

Teisset-Rose-Brault (Etablissements), 14, rue du Ranelagh, Paris (16e).

MACHINES A GAZ, A EXPLOSION ET A COMBUSTION INTERNE

Gazogènes.

Bouchayer et Viallet (Etablissements), 155, cours Berriat, Grenoble (Isère).

Diény et Lucas, 50, rue Taitbout, Paris (9e).

Leflaive et Cie, 78, rue d'Anjou, Paris (8e).

Société de Moteurs a gaz et d'Industrie mécanique, 135, rue de la Convention, Paris (15e).

Moteurs.

Constructions électriques de France, 19, rue Louis-le-Grand, Paris (9e).

Delaunay-Belleville (Etablissements), St-Denis (Seine).

Fives-Lille (Cie de), 7, rue Montalivet, Paris (8e).

Leflaive et Cie (Forges et Ateliers de la Chaléassière), Saint-Etienne (Loire) et 78, rue d'Anjou, Paris (8e).

Pitot, 7, rue Scribe, Paris (9e).

Renault (L.), 15, rue Gustave-Sandoz, Billancourt (Seine).

Société alsacienne de Constructions mécaniques, Belfort (Haut-Rhin) et 32, rue de Lisbonne, Paris (8e).

Société des Moteurs Chaléassière, Saint-Etienne (Loire).

Société de Moteurs a gaz et d'Industrie mécanique, 135, rue de la Convention, Paris (15e).

Digitized by Google

THOMSON-HOUSTON (Cie française pour l'Exploitation des Procédés), 173, boulevard Haussmann, Paris (8e).

MACHINES A VAPEUR

Chaudières.

BOUCHAYER ET VIALLET, 155, cours Berriat, Grenoble (Isère).

DELAUNAY-BELLEVILLE (Etablissements), St-Denis (Seine).

FONDERIES ET ATELIERS DE LA COURNEUVE, 48, rue La Boétie, Paris (9e).

JOYA (Régis), Grenoble (Isère).

KESTNER, 7, rue de Toul, Lille (Nord).

LEFLAIVE ET Cie (Forges et Aciéries de la Chaléassière), Saint-Etienne et 78, rue d'Anjou, Paris (8e).

NICLAUSSE (J. ET A.), 24, rue des Ardennes, Paris (19e).

SCHNEIDER ET Cie, 42, rue d'Anjou, Paris (8e).

SOCIÉTÉ ALSACIENNE DE CONSTRUCTIONS MÉCANIQUES, Belfort (Haut-Rhin) et 32, rue de Lisbonne, Paris (8e).

Accessoires pour chaudières.

BOUCHAYER ET VIALLET (Etablissements), 155, cours Berriat, Grenoble (Isère).

HOPKINSON ET Cie LTD, Huddersfield (Angleterre) et 94, rue Saint-Lazare, Paris (9e).

JOYA (Régis), Grenoble (Isère).

NICLAUSSE (J. ET A.), 24, rue des Ardennes, Paris (19e).

PRACHE ET BOUILLON (Etablissements), 25, rue de la Pépinière, Paris (8e).

SOCIÉTÉ DES ANCIENS ETABLISSEMENTS HOTCHKISS ET Cie, 6, route de Gonesse, Saint-Denis (Seine).

SOCIÉTÉ FRANÇAISE DES POMPES WORTHINGTON, 1, rue des Italiens, Paris (2e).

SOCIÉTÉ DES PRODUITS MÉTALLURGIQUES, 148, boulevard Haussmann, Paris (8e).

THOMSON-HOUSTON (Cie française pour l'Exploitation des Procédés), 173, boulevard Haussmann, Paris (8e).

ULRICI (Epurateur de vapeur), 13, rue Treilhard, Paris (8e).

WAUQUIER ET Cie, 26, avenue Trudaine, Paris (9e).

WEIR (G. et J.), Limited, Cathcart, Glasgow Foianesi, et 94, rue de la Victoire, Paris (9e).

WENGER (Anciens Etablissements F.), 13, chemin Guilloud, Lyon (Rhône).

Tirage mécanique.

COMPAGNIE STURTEVANT, 60, rue Saint-Lazare, Paris (9e).

NICLAUSSE (J. ET A.), 24, rue des Ardennes, Paris (19e).

Machines à vapeur.

DELAUNAY-BELLEVILLE (Etablissements), St-Denis (Seine).

FIVES-LILLE (Compagnie de), 7, rue Montalivet, Paris (8e).

LEFLAIVE ET Cie, Saint-Etienne (Loire).

LEROY, 14, rue de Liége, Paris (9e).

PITOT, 7, rue Scribe, Paris.

SAUTTER-HARLÉ (Anciens Etablissements), 26, avenue de Suffren, Paris (15e).

SCHNEIDER ET Cie, 42, rue d'Anjou, Paris (8e).

SOCIÉTÉ ALSACIENNE DE CONSTRUCTIONS MÉCANIQUES, Belfort (Haut-Rhin) et 32, rue de Lisbonne, Paris (8e).

WEYHER ET RICHEMOND (Anciens Etablissements), 52, route d'Aubervilliers, Pantin (Seine).

Turbines à vapeur.

BRÉGUET (Maison), 19, rue Didot, Paris (14e).

COMPAGNIE ELECTRO-MÉCANIQUE, 12, rue Portalis, Paris (8e).

FIVES-LILLE (Compagnie de), 7, rue Montalivet, Paris (8e).

LEFLAIVE ET Cie (Forges et Ateliers de la Chaléassière), Saint-Etienne (Loire) et 78, rue d'Anjou, Paris (8e).

OERLIKON (Société), à Oerlikon (Suisse) et 15, rue de Milan, Paris (9e).

RATEAU (Société), 40, rue du Colisée, Paris (8e).

SAUTTER-HARLÉ (Anciens Etablissements), 26, avenue de Suffren, Paris (15e).

SCHNEIDER ET Cie, 42, rue d'Anjou, Paris (8e).

SOCIÉTÉ ALSACIENNE DE CONSTRUCTIONS MÉCANIQUES, Belfort (Haut-Rhin) et 32, rue de Lisbonne, Paris (8e).

SOCIÉTÉ DE MÉCANIQUE ROTATIVE, 8, avenue Percier, Paris (8e).

THOMSON-HOUSTON (Cie française pour l'Exploitation des Procédés), 173, boulevard Haussmann, Paris (8e).

MATIÈRES PREMIÈRES ET OUTILLAGE

Combustible.

SOCIÉTÉ D'ECLAIRAGE, CHAUFFAGE ET FORCE MOTRICE, 22, rue de Calais, Paris (9e).

Construction

DOUCE ET MOULIN (Terrazzolith), 64, rue Petit, Paris (19e).

Courroies et Transmission.

WYSS ET Cie, Seloncourt (Doubs).

Engrenages.

ENGRENAGE (L'), 62, rue Eugène-Muller, Saint-Etienne (Loire).

Ferrures.

ALESSANDRO BRIZZA, 21, rue Gluck, Milan (Italie).

BARTHOUX (H.), 5, rue Lloyd-George, Thionville (Moselle).

CATU, 82, avenue de la République, Paris (11e).

JACQUEMARD (Jean), La Ricamarie (Loire).

SCHNEIDER ET Cie, 42, rue d'Anjou, Paris (8e).

Fours industriels
Matériel pour Forges et Fonderies.

MÉKER (G.) ET Cie, 105, boulevard de Verdun, Courbevoie (Seine).

Glaces, Verres et Verrerie.

PANIAGUA (Ph. de), TAULIN, HUBERT ET Cie, 7, rue de Nemours, Paris (11e).

Huiles pour Machines et Appareils électriques

MERCIER ET Cie, 14, rue de Liége, Paris (9e).

SEMEUSE (La), 11, rue Scribe, Paris (8e).

STANDARD OIL WORKS, 28, rue de Châteaudun, Paris (9e).

Digitized by Google

VACUUM OIL C°, 34, rue du Louvre, Paris (2e).

VILLENEUVE, 47, boulevard Saint-Jacques, Paris (14e).

Machines à glace.

DELAUNAY-BELLEVILLE (Etablissements), St-Denis (Seine).

Machines-outils, Outillage.

BLISS ET Cie (Etablissements), 53 à 57, boulevard Victor-Hugo, Saint-Ouen (Seine).

BOMBLED, 94, rue de Montreuil, Paris (11e).

CADIOT (Marcel), 31, rue de Maubeuge, Paris (10e).

COUFFINHAL (L.), Saint-Etienne (Loire).

DEBRON, 91, rue du Centre, La Garenne-Colombes (Seine).

ERNAULT (H.), 169, rue d'Alésia, Paris (14e).

FENWICK, frères ET Cie (Société anonyme des Etablissements), 8, rue de Rocroy, Paris (10e), et 112, boulevard des Belges, Lyon (Rhône).

HERZOG, 11, rue Bernoulli, Paris (8e).

LEFLAIVE ET Cie (Forges et Ateliers de la Chaléassière), Saint-Etienne (Loire) et 78, rue d'Anjou, Paris (8e).

LESTAEVEL (Constructions mécaniques), 54 et 56, rue des Ecoles, Villeurbanne, Lyon (Rhône).

MANUFACTURE DE MACHINES AUXILIAIRES POUR L'ELECTRICITÉ ET L'INDUSTRIE, 8, rue de Lorraine, Levallois-Perret (Seine).

MICAFIL, Zurich-Altstetten (Suisse).

RIGHETTI (L. de) ET Cie, 181, boulevard Lefebvre, Paris (15e).

SCHNEIDER ET Cie, 42, rue d'Anjou, Paris (8e).

SOCIÉTÉ ALSACIENNE DE CONSTRUCTIONS MÉCANIQUES, Belfort (Haut-Rhin) et 32, rue de Lisbonne, Paris (8e).

SOCIÉTÉ FRANÇAISE DES POMPES WORTHINGTON, 1, rue des Italiens, Paris (2e).

SOCIÉTÉ D'OUTILLAGE MÉCANIQUE ET D'USINAGE D'ARTILLERIE, 19, avenue de la Gare, Saint-Ouen (Seine).

Métallurgie.

ALUMINIUM FRANÇAIS, 12, rue Roquépine, Paris (8e).

BARTHOUX (H.), 5, rue Lloyd-George, Thionville (Moselle).

COMPTOIR INDUSTRIEL D'ETIRAGE ET PROFILAGE DES MÉTAUX, 107, 109, 111, 113, avenue Philippe-Auguste, Paris (11e)

DURALUMIN (Société du), 3, rue La Boétie, Paris (8e).

FORGES ET ACIÉRIES DE LA MARINE ET D'HOMÉCOURT (Cie des), 12, rue de la Rochefoucauld, Paris (9e).

PRODUITS MÉTALLURGIQUES (Société des), 18, rue Boissière, Paris (16e).

Métaux électrolytiques.

SOCIÉTÉ D'ELECTRO-MÉTALLURGIE DE DIVES, 11 *bis*, rue Roquépine, Paris (8e).

Poteaux en bois, Moulure.

BOIS INDUSTRIELS D'ALSACE ET DE LORRAINE (Les), Florange (Moselle).

TACQMIN, 111, rue du Crosne, Nancy (Meurthe-et-Moselle).

SOCIÉTÉ D'EXPLOITATION ET DE TRAITEMENT DES BOIS, 89, rue de Berri, Paris (8e).

Produits chimiques.

SOCIÉTÉ D'ELECTRO-CHIMIE, 2, rue Blanche, Paris (9e).

Roulements à billes.

COMPAGNIE D'APPLICATIONS MÉCANIQUES, 15, avenue de la Grande-Armée, Paris (16e).

SOCIÉTÉ S. K. F., Bois-Colombes (Seine).

USINES DE ROULEMENTS A BILLES, J. SCHMID-ROOST, Annecy (Haute-Savoie).

Ventilateurs et Machines soufflantes.

CADIOT (Marcel), 31, rue de Maubeuge, Paris (10e).

COMPAGNIE ELECTRO-MÉCANIQUE, 12, rue Portalis, Paris (8e).

CONSTRUCTIONS ÉLECTRIQUES, 22, quai de la Bataille, Nancy (Meurthe-et-Moselle).

COUFFINHAL (L.), Saint-Etienne (Loire).

GRAMME (Société), 26, rue d'Hautpoul, Paris (19e).

LEFLAIVE ET Cie (Forges et Ateliers de la Chaléassière), Saint-Etienne (Loire) et 78, rue d'Anjou, Paris (8e).

MATABON, 149, avenue Thiers, Lyon (Rhône).

OERLIKON (Société), 15, rue de Milan, Paris (9e).

RATEAU (Société), 40, rue du Colisée, Paris (8e).

SAUTTER-HARLÉ (Anciens Etablissements), 26, avenue de Suffren, Paris (15e).

SCHNEIDER ET Cie, 42, rue d'Anjou, Paris (8e).

SOCIÉTÉ ALSACIENNE DE CONSTRUCTIONS MÉCANIQUES, Belfort (Haut-Rhin) et 32, rue de Lisbonne, Paris (8e).

SOCIÉTÉ DES ATELIERS ÉLECTRIQUES DE SAINT-OUEN, Saint-Ouen (Seine).

THOMSON-HOUSTON (Cie française pour l'Exploitation des Procédés), 173, boulevard Haussmann, Paris (8e).

DIVERS

Assurances.

PIEL (F.) gendre et LIÈVRE (J.-A.), 27, rue de Châteaudun, Paris (9e).

LE SOLEIL, 23, rue de Mogador, Paris (9e).

Banques

BANQUE ANGLO-SUD AMÉRICAINE, 19, rue Scribe et 33, boulevard Haussmann, Paris (8e).

Bureaux d'études.

ASSOCIATION DES INGÉNIEURS-CONSEILS, 21, rue La Rochefoucauld, Paris (9e).

BŒTTCHER, fils, 39, boulevard Saint-Martin, Paris (10e).

DEGROOTE, 109, rue et place Lafayette, Paris (10e).

Fournitures pour Bureau

UNDERWOOD, 36, boulevard des Italiens, Paris (9e).

Digitized by Google

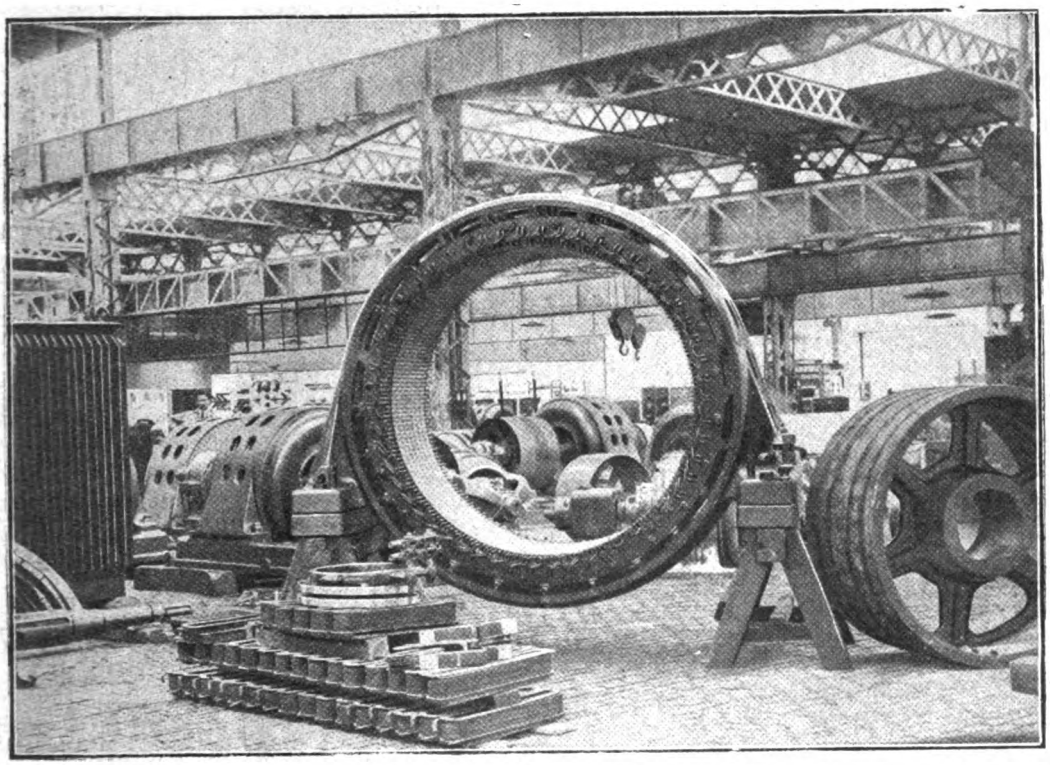
Cie GÉNÉRALE ÉLECTRIQUE

Capital : 15 000 000 Francs

Siège social : NANCY : Rue Oberlin

Usines : NANCY - NANTERRE - NANTES

Maison : PARIS, 26, Rue La Fayette (IXe)



Vue de l'atelier de construction — Section de montage

ALTERNATEUR DE 1 000 CHEVAUX, 187 TOURS PAR MINUTE, POUR GROUPE DIESEL

MATÉRIEL ÉLECTRIQUE ET ÉLECTROMÉCANIQUE

Digitized by Google

Forges et Ateliers de Constructions électriques

de **JEUMONT** (Nord)

SOCIÉTÉ ANONYME AU CAPITAL DE 80 MILLIONS DE FRANCS

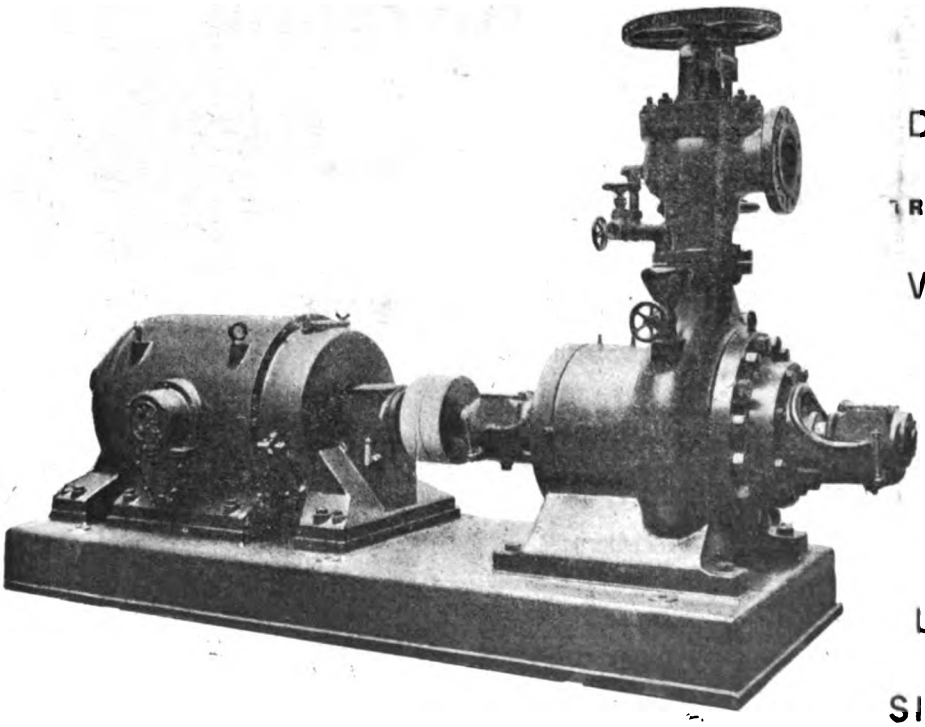
SIÈGE SOCIAL : 75, Boulevard Haussmann, PARIS (8e)

UNIS FRANCE

USINES DE JEUMONT

ATELIERS, FONDERIES, ACIERIES, CABLERIE, TREFILERIE, LAMINOIRS, MANUF. D'ISOLANTS

APPLICATIONS DE L'ÉLECTRICITÉ AUX MINES



Groupe moto-pompe fourni aux Houillères de Liévin.
Pompe type 27 B M 10, 3000 t : mn, 200 m³ à l'heure, à 300 m.
Moteur type A B P 87, 360 ch, 3000 t : mn, 3000 volts, 50 p : s.

MACHINES D'EXTRACTION

TREUILS DE FONÇAGE

VENTILATEURS

POMPES

D'ÉPUISEMENT et de FONÇAGE

LOCOMOTIVES

SIGNALISATION

LAMPES DE MINEURS

AUTRES USINES

à **FEIGNIES** (Nord) : Division CHARPENTE MÉTALLIQUE ET CHAUDRONNERIE
à **LA PLAINE-SAINT-DENIS** (Seine), *194, avenue du Président-Wilson* : Division APPAREILLAGE
à **LEVALLOIS-PERRET** (Seine), *35, rue Rivay* : Division BOULONNERIES
à **NANCY**, *39, rue Victor* et à **RENNES**, *37, quai de la Prévalaye* : Division LIMES ET OUTILLAGE

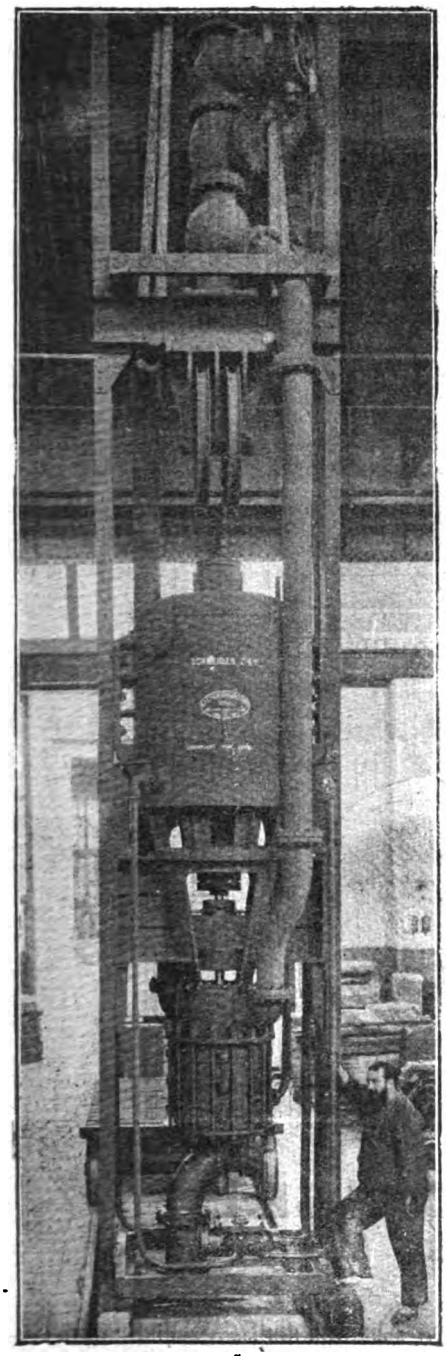
Digitized by Google

SCHNEIDER & Cie

Siège social et Direction générale à PARIS (8e) : 42, Rue d'Anjou.

TÉLÉPHONE : **GUTENBERG 76-30 à 76-37** — TÉLÉGRAMMES : **MONESTOY-PARIS**

Usine de CHAMPAGNE-SUR-SEINE (Seine-et-Marne)
Usine d'HARFLEUR (Seine-Inférieure) — Usine de LA LONDE-LES-MAURES (Var)



MOTEURS

POUR

POMPES

D'ÉPUISEMENT

UNIS
FRANCE

— PRINCIPALES AGENCES EN FRANCE —

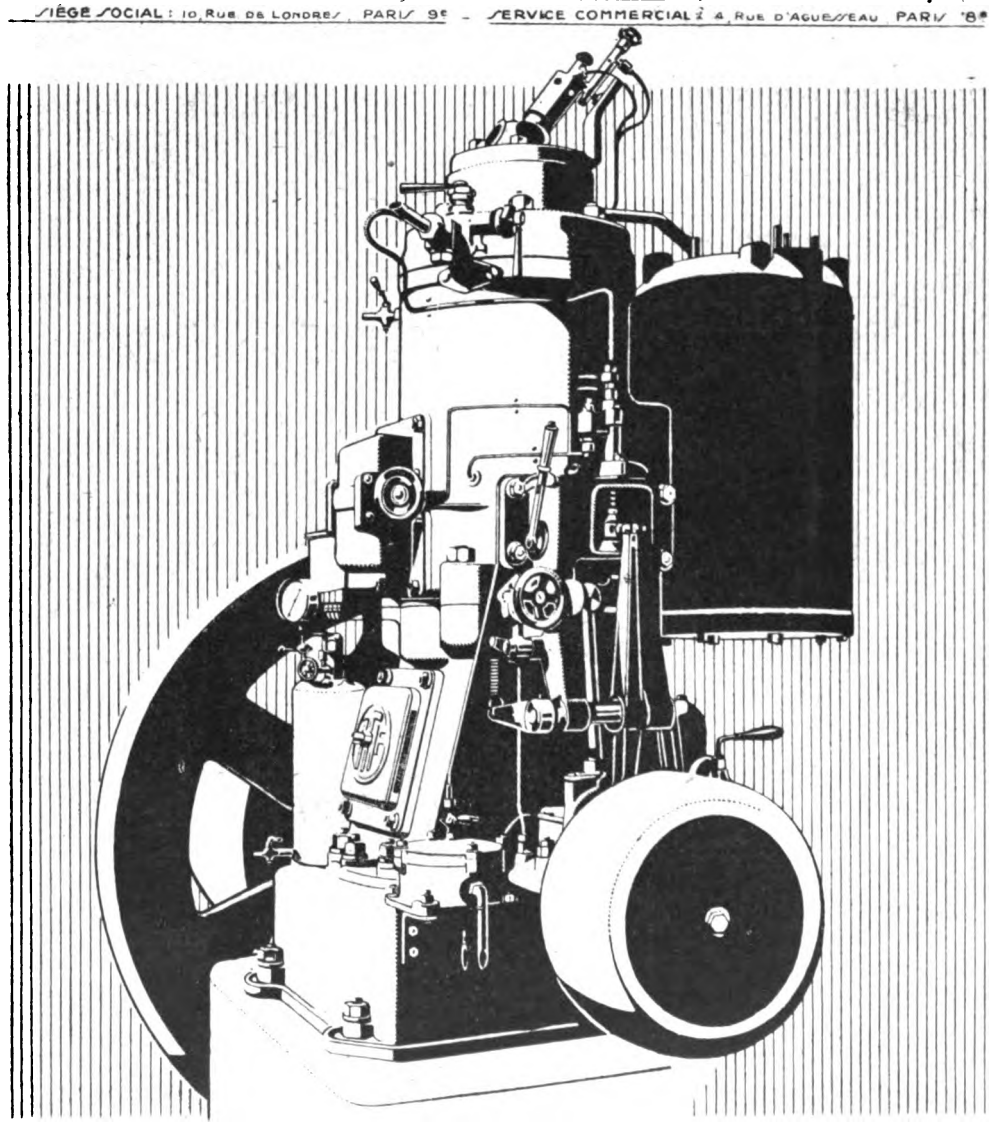
CLERMONT-FERRAND *Villa Etienne,* boulevard Bazin, à **ROYAT** (P.-de-D.).
LILLE 47, rue Faidherbe.
LYON 4, rue Président-Carnot.
MARSEILLE 17, rue Lafayette, à **TOULON**.
METZ 37, avenue Maréchal-Foch.
STRASBOURG 64, rue des Vosges.

Digitized by Google

COMPAGNIE FRANÇAISE
POUR L'EXPLOITATION DES PROCÉDÉS

Thomson Houston

SOCIÉTÉ ANONYME - CAPITAL : 200.000.000 FRS
SIÈGE SOCIAL : 10, RUE DE LONDRES, PARIS 9e - SERVICE COMMERCIAL : 4, RUE D'AGUESSEAU PARIS 8e



MOTEURS
DIESEL ET SEMI-DIESEL
FIXES ET MARINS

Digitized by Google

INSTALLATIONS TÉLÉPHONIQUES
MANUELLES ET AUTOMATIQUES
DE TOUTE IMPORTANCE

POSTES D'ABONNÉS POUR TOUS RÉSEAUX
Plus de 100 modèles d'appareils

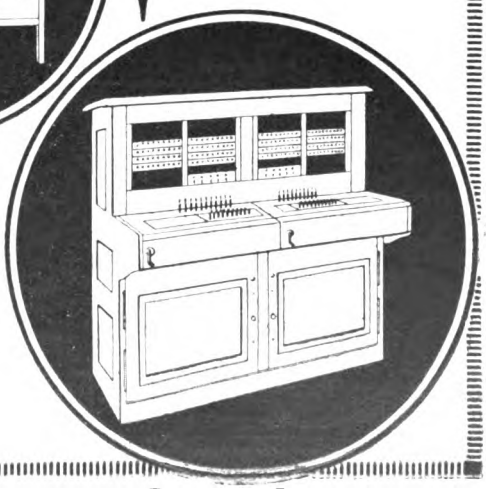
INSTALLATIONS TÉLÉPHONIQUES AUTOMATIQUES POUR RÉSEAUX PUBLICS & PRIVÉS

APPAREILS D'INTERCOMMUNICATION POUR INSTALLATIONS PRIVÉES & RÉSEAU COMBINÉES
Système B.te admis sur les réseaux de l'Etat.

STANDARDS MIXTES A BATTERIE CENTRALE
(avec cordons universels Système B.te)

STANDARDS ET MULTIPLES A BATTERIE CENTRALE
Références sur demande

Renseignements
Projets & Devis
gratuits sur
demande



T-H COMPAGNIE FRANÇAISE

COMPAGNIE FRANÇAISE
POUR L'EXPLOITATION DES PROCÉDÉS
Thomson-Houston
SOCIÉTÉ ANONYME - CAPITAL : 200.000.000 FR.
SIÈGE SOCIAL : 10, RUE DE LONDRES
PARIS (9e)

DÉPARTEMENT DE TÉLÉPHONIE
SIGNAUX DE CHEMINS DE FER & PILES
DIRECTION - SERVICES TECHNIQUES & COMMERCIAUX
254, 256, Rue de Vaugirard PARIS
éph : SÉGUR 88-50 à 88-55 Adr. télégr. : ELIDUMICRO-PARIS

Digitized by Google

SOCIÉTÉ ALSACIENNE
DE CONSTRUCTIONS MÉCANIQUES

USINES À BELFORT (Terr. de), **MULHOUSE** (Hᵗ Rhin), **GRAFFENSTADEN** (Bas-Rhin)

Maisons à :

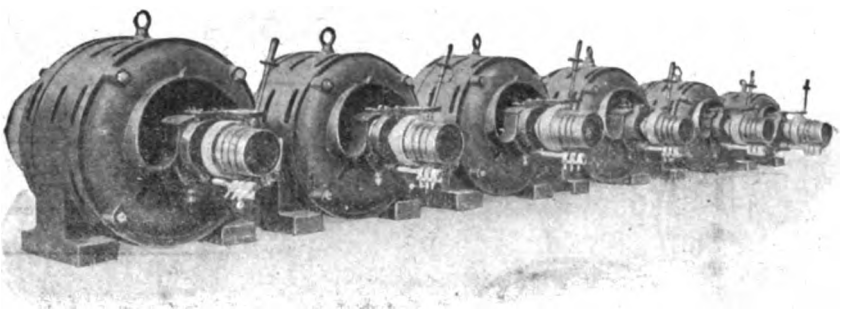
PARIS..... 4, rue de Vienne
LILLE..... 61, rue de Tournai
MARSEILLE.... 40, rue Sainte
NANTES..... 5, quai de la Fosse

UNIS FRANCE

Maisons à :

LYON..... 13, rue Grôlée
NANCY..... 21, rue Saint-Dizier
ROUEN..... 7, rue de Fontenelle
BORDEAUX 9, cours du Chapeau-Rouge

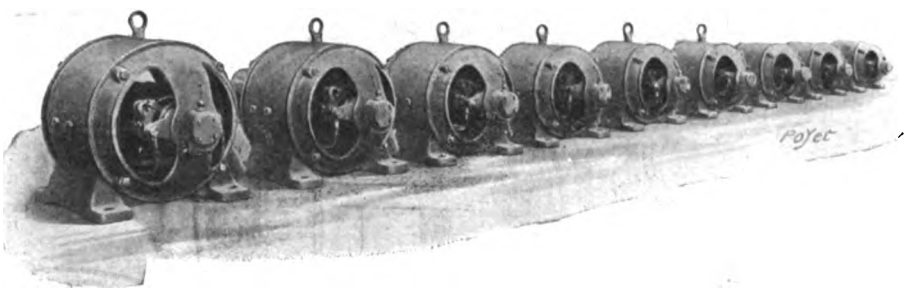
MOTEURS A COURANT TRIPHASÉ TYPE N
EN STOCK



MOTEURS A COURANT CONTINU TYPE B

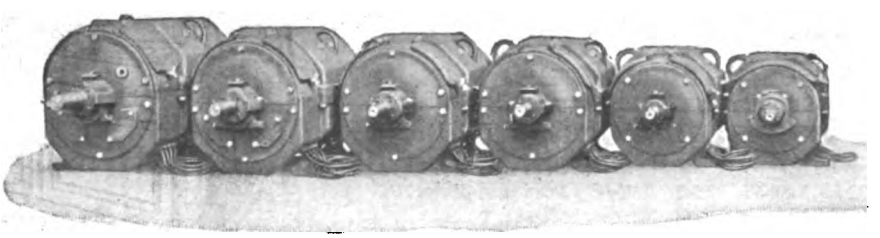
blindés ouverts. — Série normale.

— Livraison rapide —



MOTEURS A COURANT CONTINU TYPE J

blindés fermés, extra-robustes, étudiés spécialement pour la commande des appareils de levage, rouleaux de laminoirs, etc.



Digitized by Google

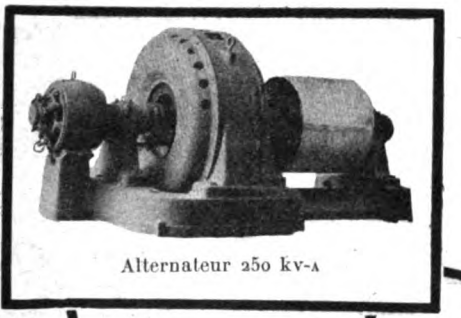
Cie Electro-Mécanique

Société Anonyme au Capital de 60.000.000 de Francs

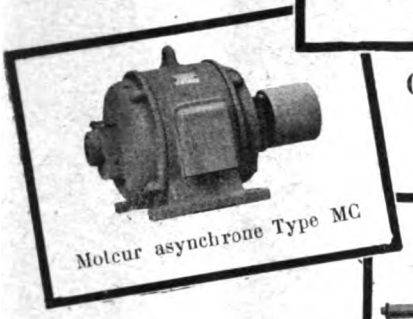
SIÈGE SOCIAL : 12, rue Portalis, PARIS (8e)

USINES :
Le Bourget
Le Havre
Lyon

TÉLÉPHONE
Wagram 34-45
34-46
34 47
34-48

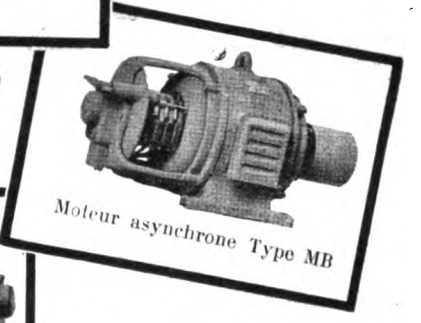


Alternateur 250 kv-a

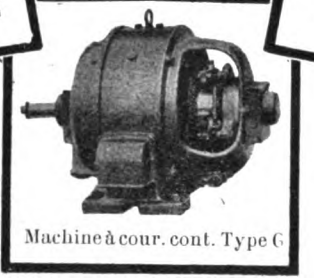


Moteur asynchrone Type MC

GENERATRICES
et
MOTEURS



Moteur asynchrone Type MB



Machine à cour. cont. Type G

LIVRAISON IMMÉDIATE DU MATÉRIEL NORMAL

DEMANDER TARIF "M" ET LISTE DE STOCK "A"

Le moteur électrique « CEM » se recommande dans toutes les applications de l'industrie et de l'agriculture par ses qualités essentielles :

Construction ramassée — Enroulements bien abrités par la carcasse
Excellente isolation — Simplicité du dispositif de relevage des balais
Coussinets en métal antifriction

TOUS NOS MOTEURS RÉPONDENT AUX PRESCRIPTIONS DE L'U.S.E.

TURBINES A VAPEUR —— MATÉRIEL ÉLECTRIQUE « CEM »
(Système **Brown-Boveri***)* *(Procédés* **Brown-Boveri***)*
POUR TOUTES APPLICATIONS

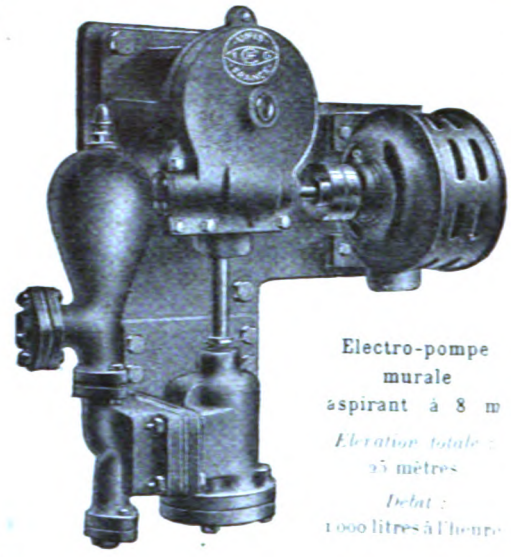
Digitized by Google

JAPY

ATELIERS DE CONSTRUCTIONS DE MATERIEL ELECTRIQUE

UNIS 1 JF 6 FRANCE

USINE DES PRÉS



Electro-pompe murale aspirant à 8 m
Elévation totale :
25 mètres
Débit :
1000 litres à l'heure

J.F.C.

JAPY FRÈRES & Cie

BEAUCOURT (Ht Rhin)
PARIS 4-7 Rue du Château d'Eau

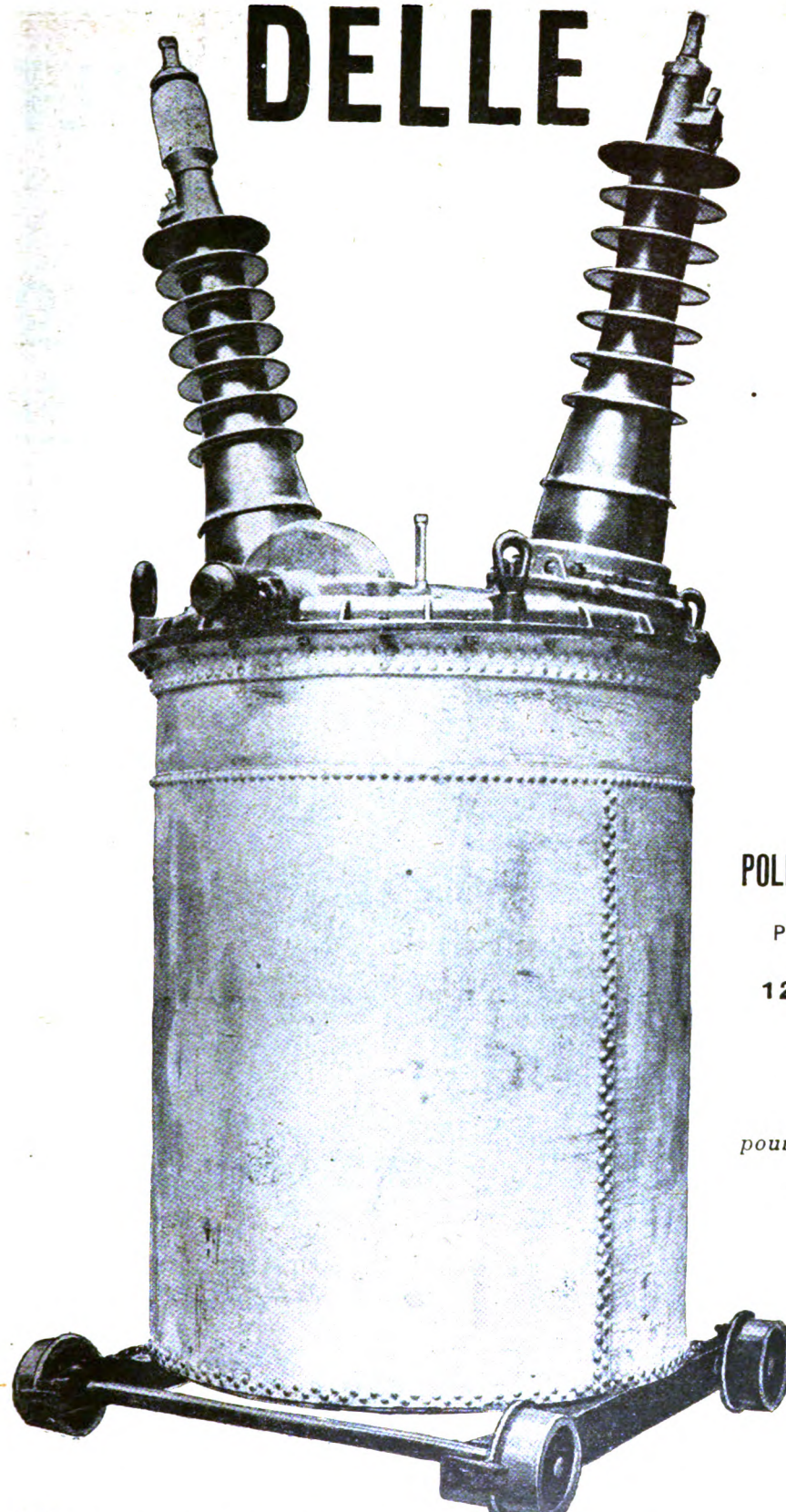
MOTEURS & GÉNÉRATRICES

COURANT CONTINU ET ALTERNATIF DE 1/50 à 50 HP
COMMUTATRICES - POLYMORPHIQUES - GROUPES ELECTRO-POMPES
APPAREILLAGE - APPAREILS DE MESURE

P.-J. ARGENCE - VIDAL - LYON

Digitized by Google

DELLE



POLE de DISJONCTEUR

POUR L'EXTÉRIEUR

120 000 VOLTS

Type H.E. 11

Livré

pour le Poste d'Etat

de Landres

PARIS (X°) — 28, BOULEVARD DE STRASBOURG — PARIS (X°)

Téléphone : NORD 47-66

Digitized by Google

JUSQU'A 750 000 VOLTS

TRANSFORMATEURS

DEMANDEZ nos tarifs transformateurs :

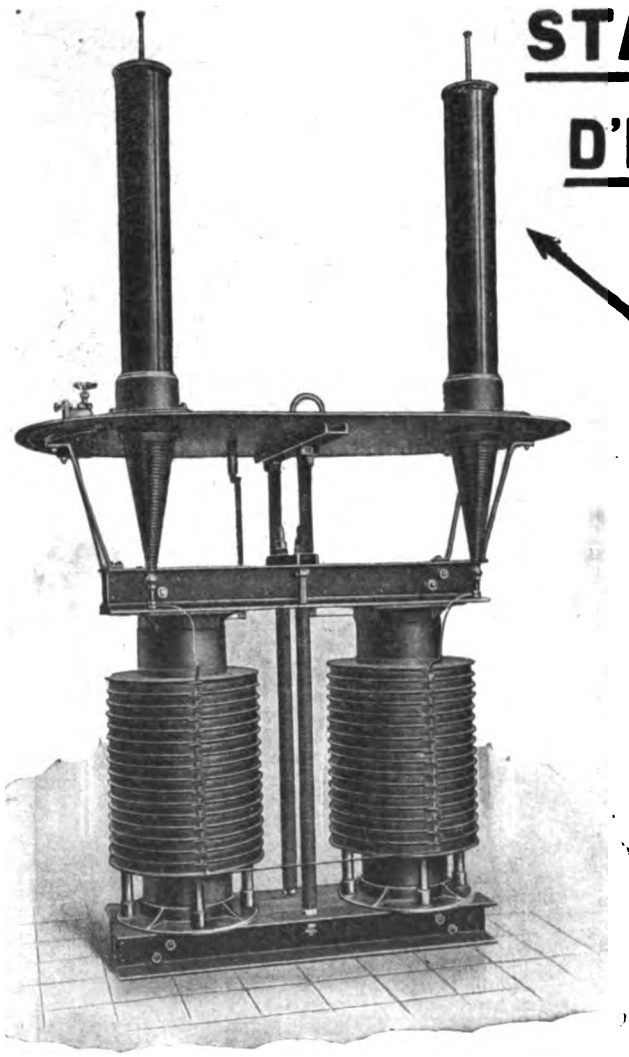
DE PUISSANCE
DE MESURES

Spéciaux pour
ÉLECTROTHERMIE
SOUDURE ÉLECTRIQUE
GROUPES SCOTT

Auto-transformateurs
NORMAUX
ET POUR DÉMARRAGE DE MOTEURS ASYNCHRONES

Bobines de réactance
A AIR LIBRE
ET A BAIN D'HUILE

Réactances d'écoulement
AU SOL



STATIQUES D'ESSAIS

à bain d'huile sous pression

Bornes condensateurs
Type intérieur
(cliché ci-contre)
ou
Bornes condensateurs
Type waterproof

Transformateurs
SPÉCIAUX
POUR CABLERIES

Transformateur monophasé, type TMHE 24
Puissance 100 kv-a — Fréquence 50 p : s — Primaire 250 volts — Secondaire 250 000 volts
(AVANT MISE EN CUVE)

MARQUE DÉPOSÉE

ETABLISSEMENTS P. DESGOUTTES & Cie

SOCIÉTÉ EN NOM COLLECTIF AU CAPITAL DE 1 800 000 FRANCS

BUREAUX, DIRECTION & ATELIERS : *103, Rue du Cherche-Midi, PARIS (6e)*

Adresse télégr. : LECMOTRELPARIS — Téléph. : FLEURUS 21-32

Digitized by Google

Le Transformateur

SOCIÉTÉ ANONYME
CAPITAL 2.000.000 DE FRANCS

AGENCES

LILLE
Bourse de Commerce
Bureaux Nos 73 & 74

LYON
5, Rue Grolée

BRUXELLES
91, R. du Trône

SIÈGE SOCIAL
15, Avenue Matignon, 15
PARIS (8E)
Téléph : Élysées 57-27 57-28

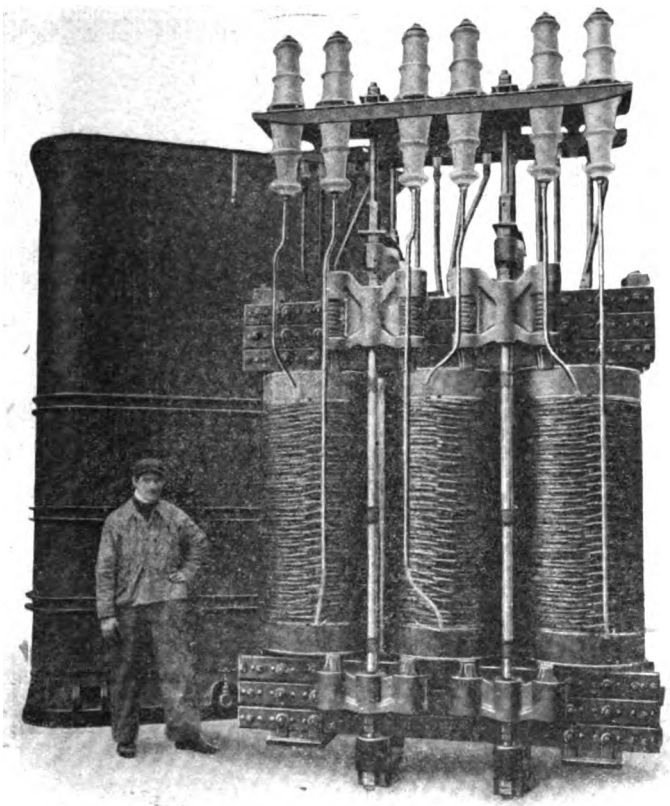
USINES à Petit-Quevilly (Seine Infre)

AGENCES

NANCY
35 Rue de la Pépinière

MARSEILLE
1-A, Rue Molière

TOULOUSE
34, rue de Metz



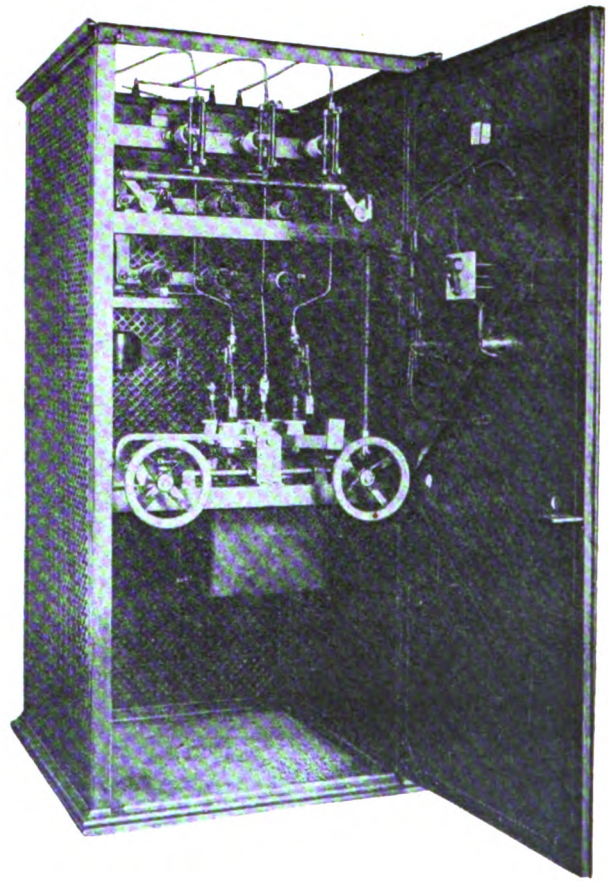
TRANSFORMATEUR TRIPHASÉ 50 P : 8, 5000 KV-A, 5200 ± 5 POUR 100/27400-47500 VOLTS,
A REFROIDISSEMENT PAR EAU

DEMANDEZ TOUJOURS
LES
DERNIERS PRIX
EN
VIGUEUR

Digitized by Google

HAUTE TENSION

BASSE TENSION



CABINE DE MANŒUVRE POUR MOTEURS H.T.

ETS MERLIN & GERIN

Bureaux et Usines : Rue du Monestier-de-Clermont. **GRENOBLE**

Tout l'appareillage électrique jusqu'à 150 000 volts

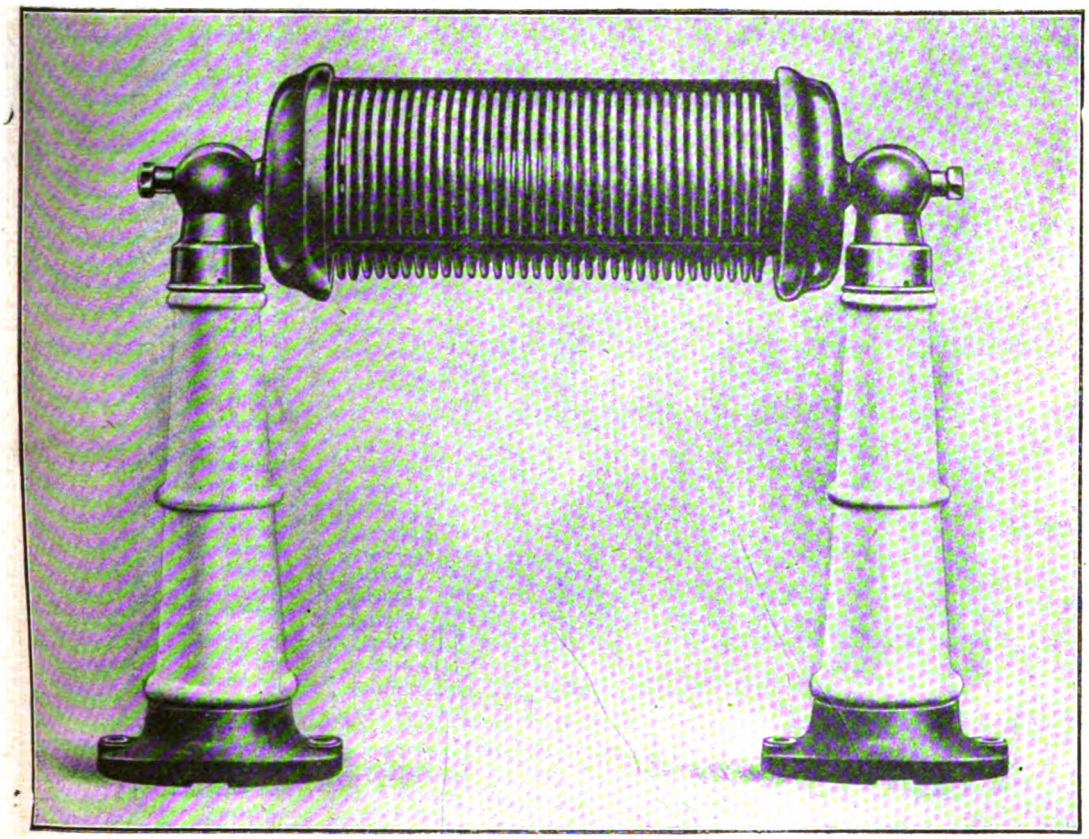
Digitized by Google

Appareillage à haute tension

APPAREILS D'ALLUMAGE POUR MOTEURS A GAZ

MATÉRIEL DE SIGNALISATION

ET DE TÉLÉPHONIE ÉTANCHE



Bobine de self-inductance 70000 volts à 3 couches concentriques

ATELIERS DE CONSTRUCTIONS ÉLECTRIQUES

A. ROULLET

19, Rue Saint-Sébastien, 19

TÉLÉPHONE : ROQ. 64-75 — PARIS — TÉLÉGR. : ELECTRALE

Digitized by Google

ÉTABLISSEMENTS INDUSTRIELS
de E.C. et de Alexandre

Grammont

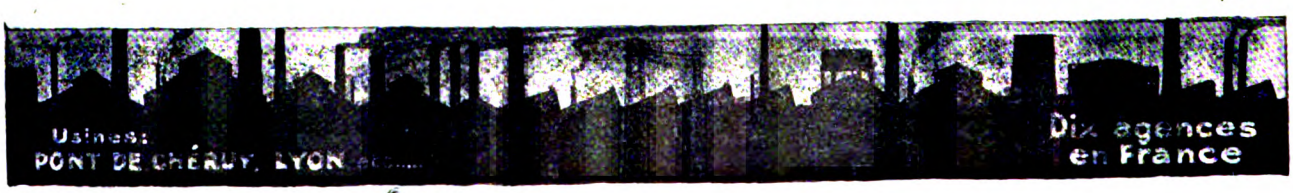
MARQUE DE FABRIQUE

Sté Anne AU CAPITAL DE 30 MILLIONS DE FRANCS

10, Rue d'Uzès PARIS

CÂBLES ARMÉS

Toutes tensions jusqu'à 60000 volts



Digitized by Google

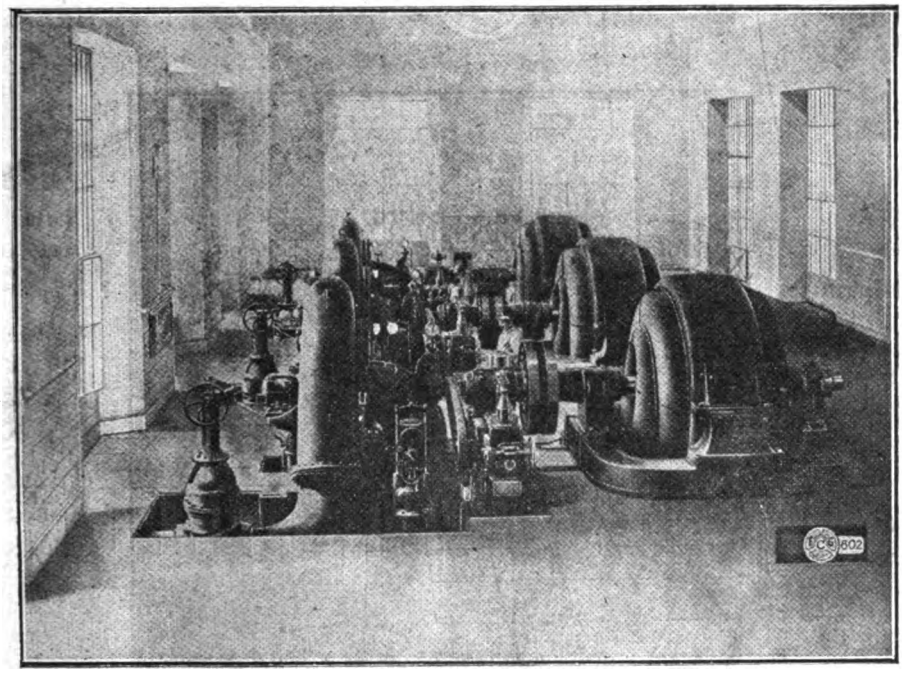
Ateliers de Constructions Électriques
DE LYON ET DU DAUPHINÉ
MATÉRIEL ÉLECTRIQUE GRAMMONT
APPAREILLAGE ÉLECTRIQUE MALJOURNAL & BOURRON

Capital social : 18000000 francs

Adr. télégr. : LYON-DAUPHI-PARIS

SERVICES COMMERCIAUX
SERVICES D'EXPORTATION
10, rue d'Uzès, PARIS

Tél. : CENTRAL 19-43



Usine génératrice du Bès (Saint-Chély d'Apcher, Lozère)
3 ALTERNATEURS TRIPHASÉS 4000 KV-A, 8200 VOLTS, 50 P:S, 600 T : MN

ALTERNATEURS de toutes puissances, bobinés en haute ou basse tension pour accouplement direct avec turbines hydrauliques.

ALTERNATEURS mêmes caractéristiques, pour accouplement direct avec moteurs thermiques.

ALTERNATEURS DE SÉRIE de 20, 30, 40, 50, 60, 75, 125, 175, 250 kV-A, pour accouplement direct ou commande par courroie, livrables très rapidement.

AGENCES :

LYON.....	7, rue Grolee.....	Tél 27-59
MARSEILLE	33, rue de la République	Tél. 31-28
TOULOUSE..	39, rue Bayard	Tél. 02-39
GRENOBLE..	28, rue du Docteur-Mazet	Tél. 26-73
BORDEAUX.	62, rue du Palais-Gallen.....	Tél. 39-62

UNIS FRANCE

NANCY	22, rue Saint-Lambert	Tél. 19-02
NANTES.....	12, quai de Richebourg	Tél. 23-55
ALGER.....	28, boulevard Carnot	Tél. 21-76
LILLE.....	31, rue de Puebla	Tél. 9-30
LIMOGES	32, Faubourg de Montjovis	Tél. 10-59
BRUXELLES.	24, avenue de l'Hippodrome.....	Tél. 0-478

Digitized by Google

SOCIÉTÉ GÉNÉRALE D'ENTREPRISES

ANONYME AU CAPITAL DE 30 000 000 FRANCS

56, Rue du Faubourg-Saint-Honoré — PARIS (8e)

ENTREPRISES GÉNÉRALES EN FRANCE ET A L'ÉTRANGER

Travaux publics

Adduction d'eau

Egouts

Travaux en ciment armé

Constructions industrielles

Électrométallurgie

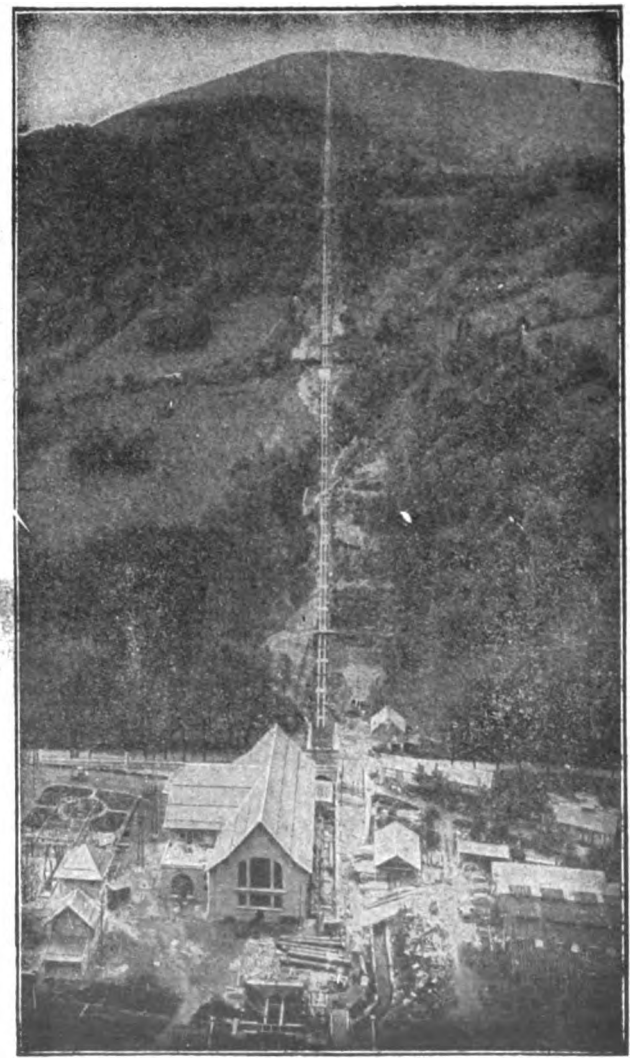
Électrochimie

Travaux maritimes

Canaux

Travaux hydrauliques

Stations centrales hydrauliques et à vapeur



Usine hydro-électrique à Luchon de 25 000 ch

Aménagement de chutes d'eau

Grands transports d'énergie à haute tension

Réseaux de distribution d'énergie

Chemins de fer

Routes

Tramways électriques urbains

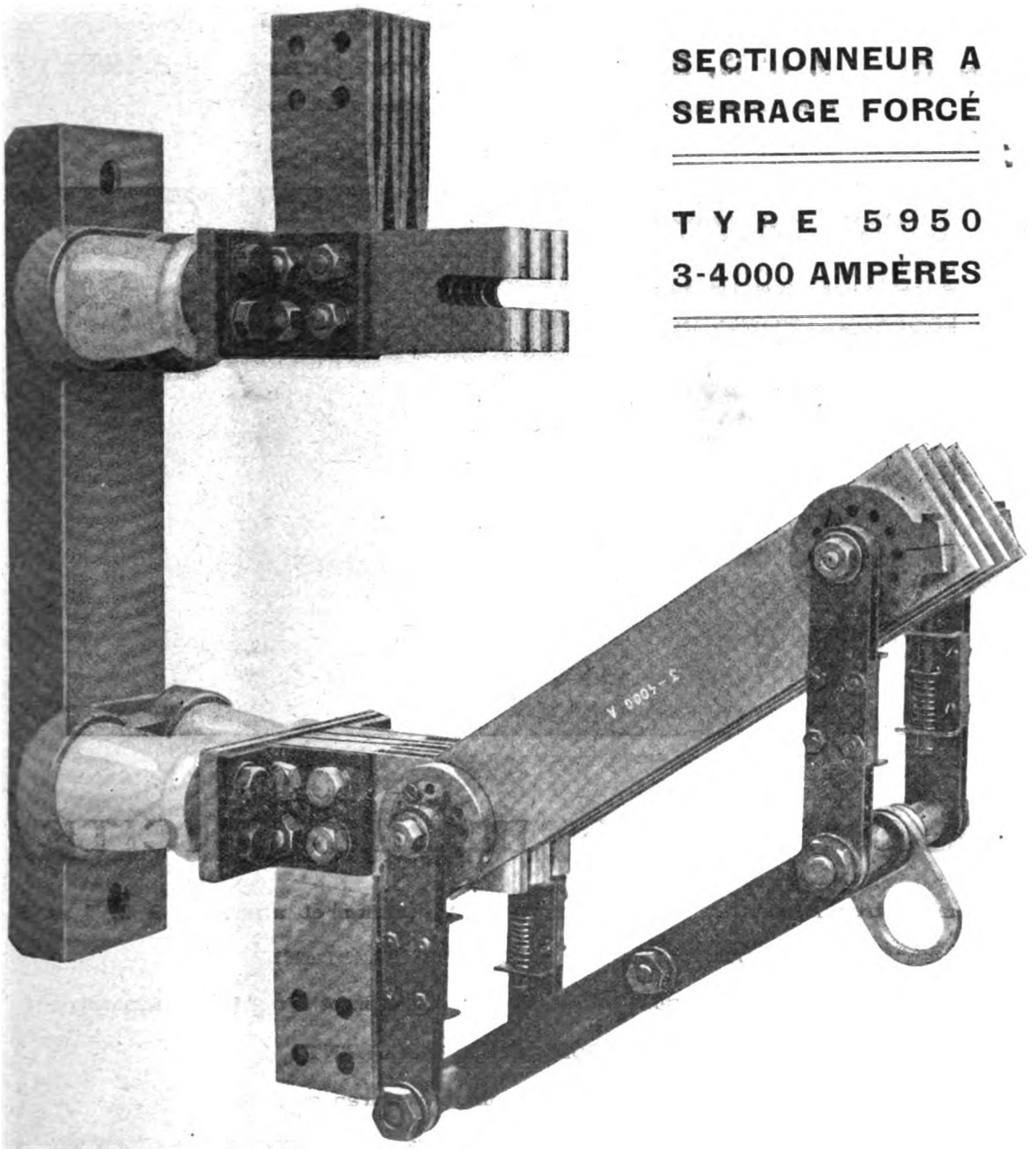
Tramways électriques à courant monophasé à haute tension

Tramways départementaux

Digitized by Google

SOCIÉTÉ FRANÇAISE GARDY

ARGENTEUIL (S.-et-O.)



SECTIONNEUR A SERRAGE FORCÉ

TYPE 5950

3-4000 AMPÈRES

Digitized by Google

ANCIENNE MAISON MICHEL ET Cie

COMPAGNIE POUR LA

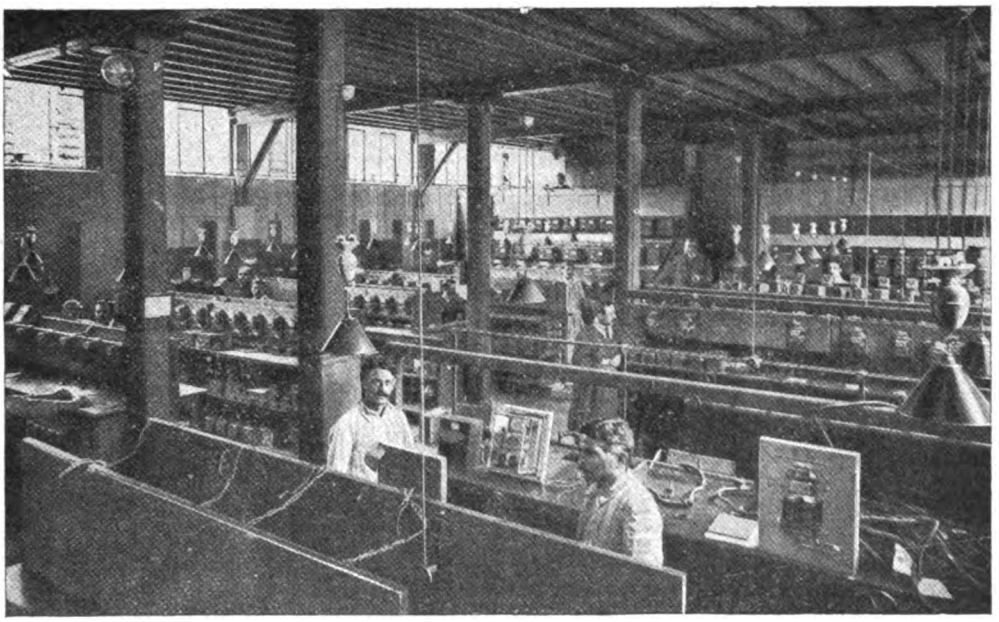
Fabrication des Compteurs

ET MATÉRIEL D'USINES A GAZ

Société anonyme, **Capital : 36 000 000 Francs.**

PARIS — 16 et 18, Boulevard de Vaugirard — PARIS (15e)

Adresse télégraphique : Compto-Paris. — *Téléphone :* Saxe 71-20, 71-21 et 71-22



COMPTEURS D'ÉLECTRICITÉ

Watt-heuremètres Modèles A et B pour courant continu et alternatif à 2, 3 et 5 fils.

COMPTEURS A PAIEMENT PRÉALABLE

Compteurs à double et à triple tarif à remontage à main et à remontage automatique.

COMPTEURS A DÉPASSEMENT

Compteurs à indicateur de maximum à cadran ou enregistreur.

COMPTEURS POUR TABLEAUX DE DISTRIBUTION

Digitized by Google

SOCIÉTÉ ÉLECTRIQUE DE NANCY

CAPITAL : 2 500 000 FRANCS

SIÈGE SOCIAL ET USINES :

NANCY — 9, Quai René II — NANCY

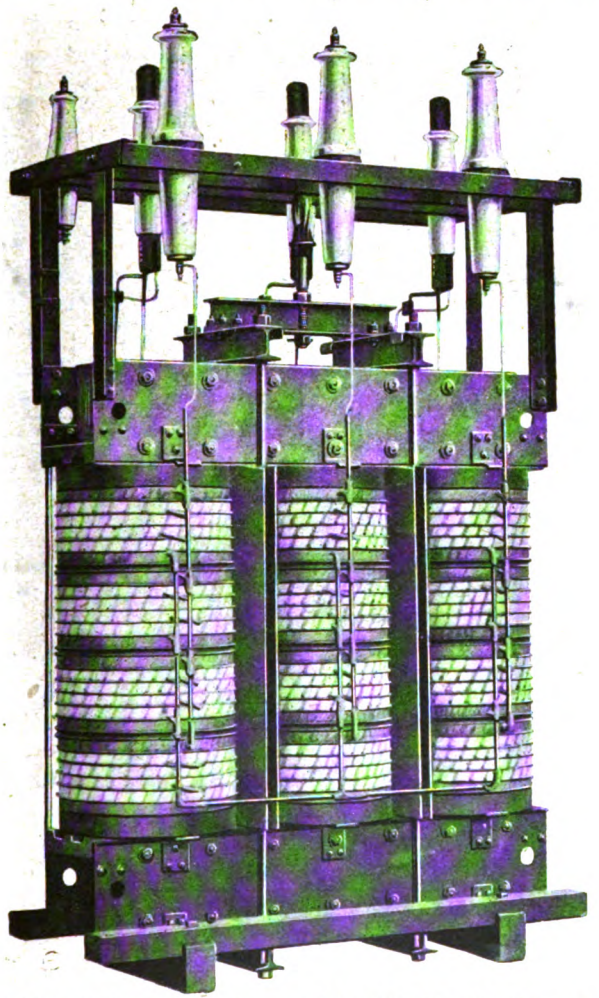
Téléphone : 20-28 *Adr. télégr. : Transformateur-Nancy*

Agences à { **PARIS** : 195, faubourg Saint-Martin (X[e] arrond.) **LILLE** : 2 et 4, rue Darwin, à FIVES-LILLE **BRUXELLES** : 29, boulevard Jamar **TOULOUSE** : 10 et 12, rue de Constantine **MARSEILLE** : 28, boulevard d'Athènes **BARCELONE** : 329, rue Corcega

CONSTRUCTION DE

TRANSFORMATEURS

DE TOUTES PUISSANCES — DE TOUTES TENSIONS
POUR FONCTIONNEMENT EN CABINE OU EN PLEIN AIR
REFROIDISSEMENT NATUREL A AIR OU A BAIN D'HUILE
PAR CIRCULATION D'EAU OU D'HUILE — PAR VENTILATION FORCÉE



Transformateur triphasé, 50 p : s, 22 000-5 400/10 000 ± 5 p. 100
Puissance : 500 kV-A

PERTES A VIDE RÉDUITES

CONSTRUCTION MODERNE

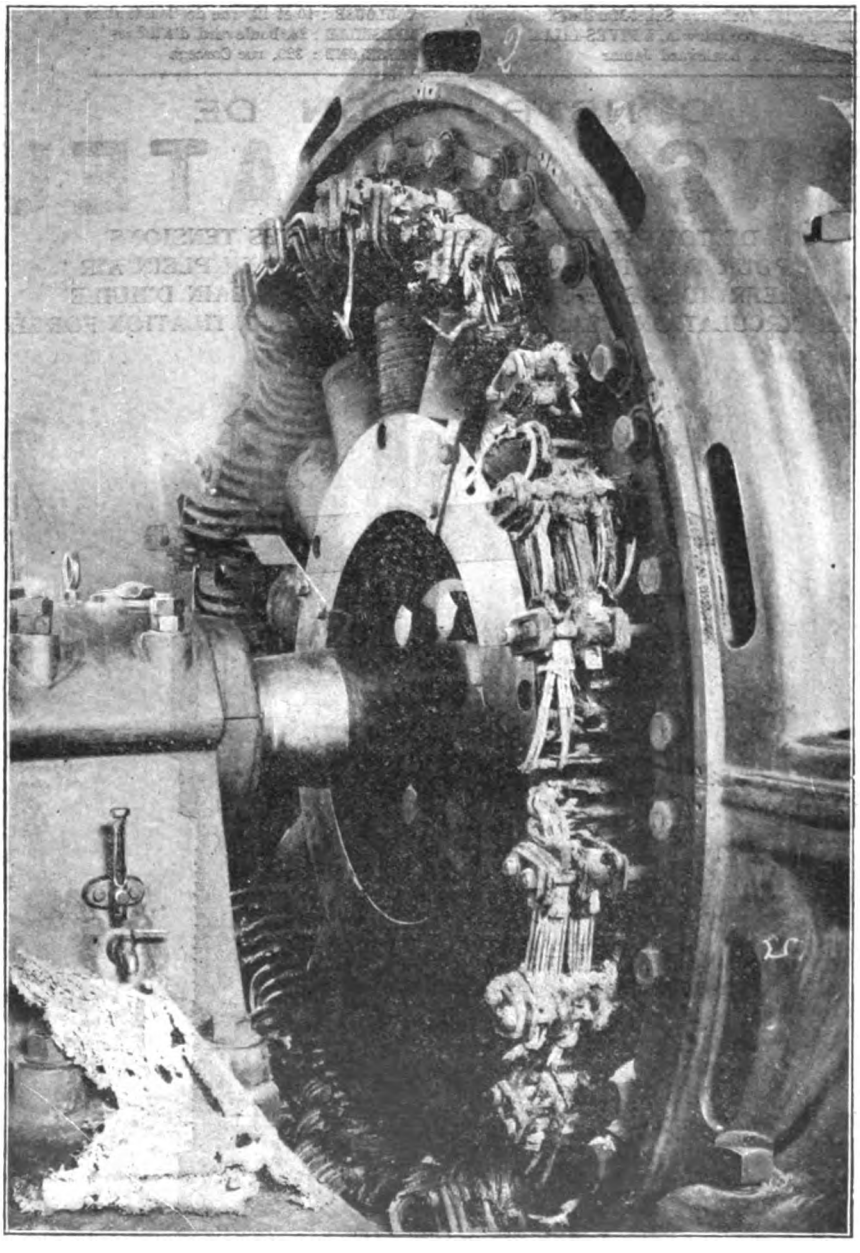
VOTRE INTÉRÊT EST DE NOUS CONSULTER A CHACUN DE VOS BESOINS

Digitized by Google

ÉMILE HAEFELY & Cie, S.A., BALE

Fabrique d'Isolants pour l'Électricité et d'Enroulements haute tension.

Adresse télégraphique : MICARTA-BALE



— ALTERNATEUR BRULÉ —

En cas d'**accident** à vos alternateurs, turbo-alternateurs et moteurs haute tension ou pour **modification** ou **réparation** des enroulements de stators, adressez-vous à **ÉMILE HAEFELY et Cie, S. A., à Bâle (Suisse)**, qui remettront votre machine en marche dans le délai le plus court possible et sans la déplacer.

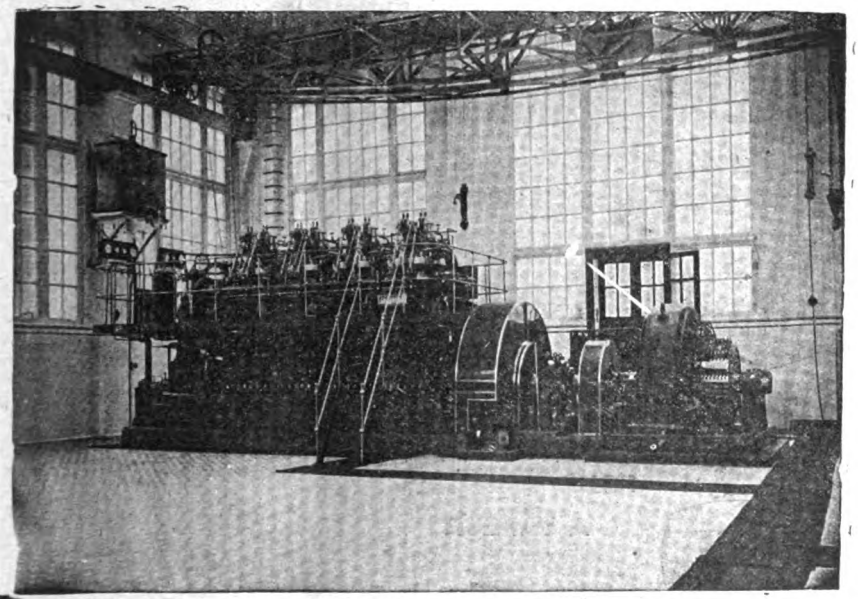
PLUS DE 700000 KW REBOBINÉS JUSQU'A CE JOUR

Digitized by Google

Sté des MOTEURS
CHALÉASSIÈRE
Société anonyme au capital de 4 000 000 Fr
:: SAINT-ÉTIENNE ::

Moteurs à combustion

UNIS
FRANCE



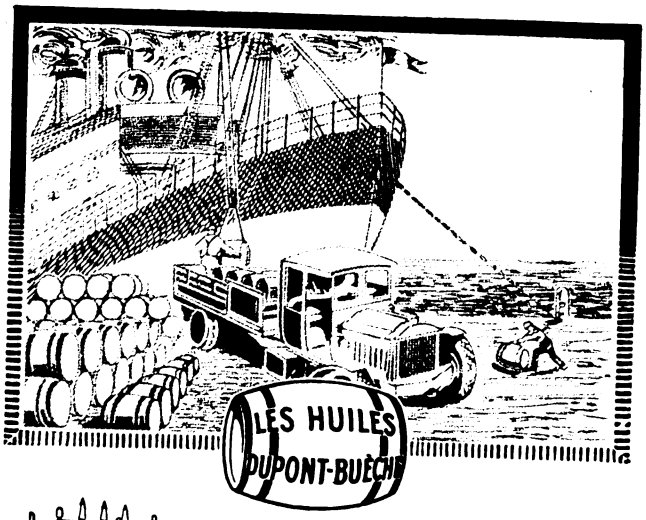
utilisant tous
les
combustibles
liquides :

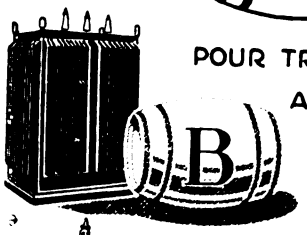
Pétroles
Naphtes
Mazouts
Schistes
Huiles
:: de ::
Houille

moteurs
: fixes :

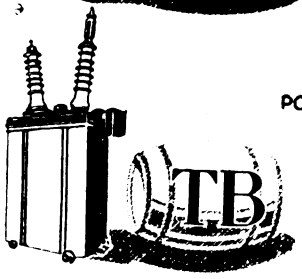
GROUPES de SECOURS pour STATIONS HYDRO-ÉLECTRIQUES
MOTEURS MARINS :-: GROUPES ÉLECTROGÈNES DE BORD

Digitized by Google

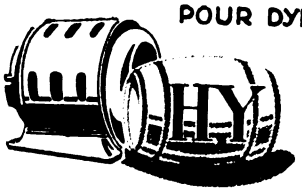




POUR TRANSFORMATEURS
A HAUTE TENSION



POUR DISJONCTEURS
ET INTERRUPTEURS



POUR DYNAMOS ET MOTEURS
ÉLECTRIQUES

POUR TURBINES
A VAPEUR

NOS HUILES RÉPONDENT ENTIÈREMENT AUX
CONDITIONS DU CAHIER DES CHARGES DE
L'UNION DES SYNDICATS DE L'ÉLECTRICITÉ

H. MERCIER & Cie

14, Rue de Liège. PARIS

Digitized by Google

Digitized by Google

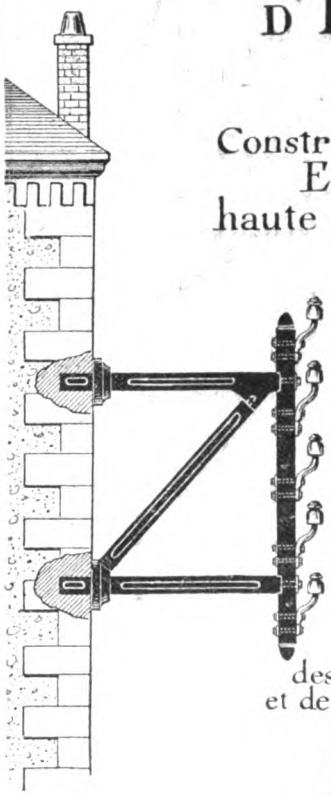
Etablissements Desaulty

13, rue de Longueville
St-QUENTIN (Aisne)
Téléph. : nº 1

11, rue de Provence
PARIS (9e)
Téléph. : Bergère 56-06

ENTREPRISE GÉNÉRALE D'ELECTRICITE

Construction des lignes de transport d'Energie Electrique, Aérienne, Souterraine, haute & basse tension sur Pylônes en béton armé Métalliques, bois, etc...



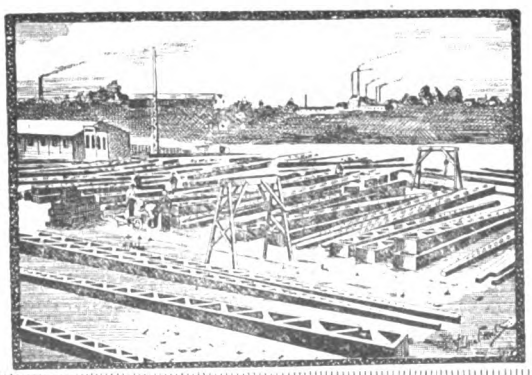
INSTALLATIONS CENTRALES

CANALISATION ELECTRIQUE DES VILLES

POSTES DE TRANSFORMATION

Chantiers de Construction des Pylônes types "Zig-Zag" (Systèmes BTES S.G.D.G.) et des Consoles en béton armé pour basse tension

NOMBREUSES VILLES CANALISEES avec les ≡CONSOLES EN BÉTON ARMÉ Avantages considérables sur CONSOLES METALLIQUES



NOMBREUSES LIGNES EN SERVICE avec le POTEAU "Zig-Zag"

Chantiers de Construction à Tergnier & à Marle (Aisne)

G. Thebault PARIS

Digitized by Google

Cie Gle d'ENTREPRISES ÉLECTRIQUES

Société anonyme au capital de 3000000 francs

SIEGE SOCIAL : 20, Rue du Laos, **PARIS** (XVe)

INSTALLATION DE STATIONS CENTRALES

Postes et Sous-Stations de transformation

TRANSPORT D'ÉNERGIE

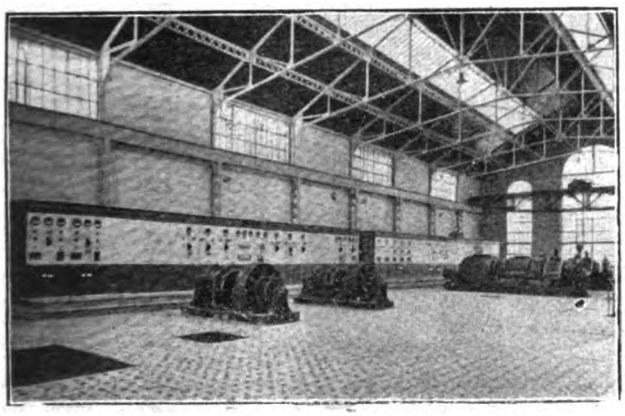


Tableau de distribution des Mines de Saint-Eloy.

Réseaux complets

de Distribution d'Énergie

TRACTION ÉLECTRIQUE

Bureaux à **LYON, NANCY, BORDEAUX, LILLE**

Usines à **PARIS et VILLEURBANNE**

REPRÉSENTATION EXCLUSIVE POUR LA FRANCE

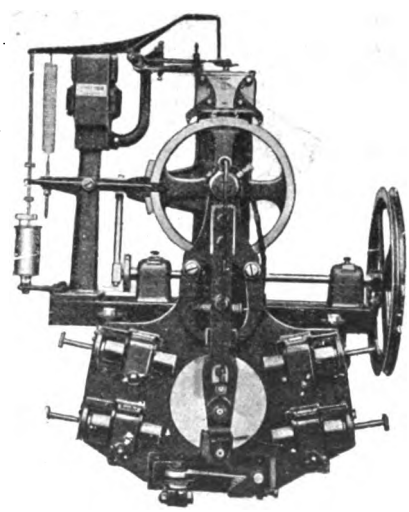
des Régulateurs construits par les

Ateliers H. CUÉNOD, de Genève

RÉGULATEURS AUTOMATIQUES

Système R. THURY

Régulateurs automatiques extra-rapides



Régulateur automatique de four.

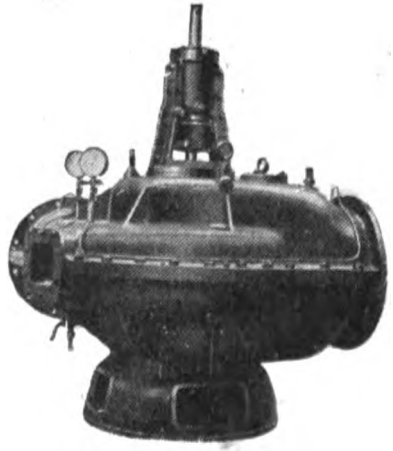
Télégramme : Entrelec-Paris — *Téléphone :* Saxe 53-95 et 89-67

Digitized by Google

RATEAU

POMPES
ET
VENTILATEURS
CENTRIFUGES

MACHINES
TOUJOURS DISPONIBLES
EN MAGASIN



Pompe verticale pour basse pression, fournie à la **Compagnie continentale Edison** pour la Centrale de Garchizy.

TURBINES

SOUFFLANTES

COMPRESSEURS

ACCUMULATEURS
DE VAPEUR

GRAND STOCK DE ROBINETTERIE GÉNÉRALE DISPONIBLE

SOCIÉTÉ RATEAU

PARIS (VIIIe) — 40, Rue du Colisée, 40 — PARIS (VIIIe)

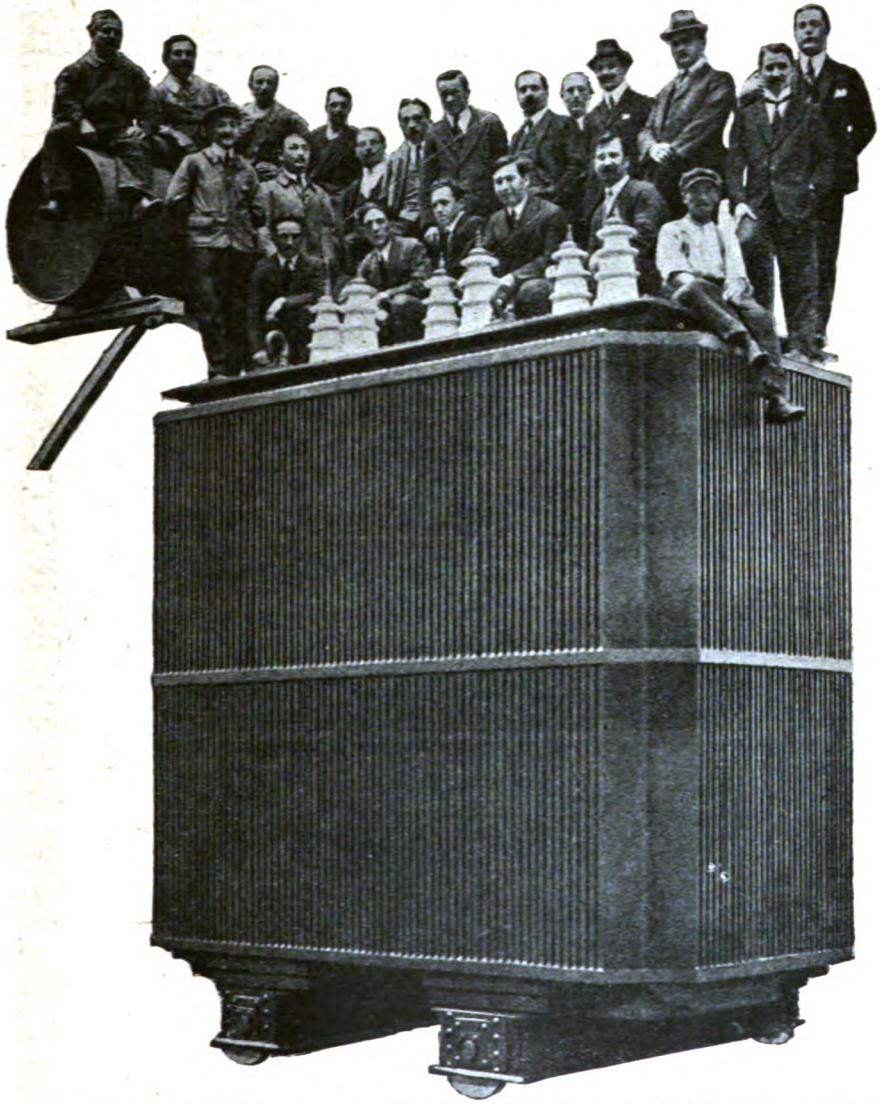
Digitized by Google

STÉ SAVOISIENNE DE CONSTRUCTIONS ÉLECTRIQUES

S. A. au Capital de 2000000 fr. — **AIX-LES-BAINS (Savoie)**

Télégramme : SAVOISIENNE-AIXLESBAINS **Téléphone : N° 120**

UNIQUEMENT SPÉCIALISÉE DANS LA FABRICATION DES TRANSFORMATEURS DE TOUTES PUISSANCES (JUSQU'A 30000 KV-A) ET POUR TOUTES TENSIONS (JUSQU'A 150000 VOLTS) — MONTAGE EN CABINE — MONTAGE SUR POTEAUX MONTAGE A L'EXTÉRIEUR — REFROIDISSEMENT NATUREL A AIR OU A BAIN D'HUILE, PAR CIRCULATION D'HUILE OU D'EAU PAR VENTILATION FORCÉE



TRANSFORMATEUR TRIPHASÉ 5000 KV-A, 70000/13500 VOLTS, 50 P : S. **à refroidissement naturel.**

Le plus grand construit à ce jour en France avec cuve ondulée.

BUREAU à PARIS : 29, rue de Miromesnil. Téléph. : Elysées 65-73.

AGENCES : BORDEAUX : M. J. Larralde, ing., 20, rue des Piliers-de-Tutelle. — **TOULOUSE** : M. Paul E. Niestlé, ing., 27, rue de Metz — **LILLE** : Agence S. S. C. E., 78, rue d'Arras. — **LYON** : M. Th. Stahl, ing., 5, cours Morand. — **NANCY** : Agence S.S.C.E., 60, rue de la Commanderie. — **MARSEILLE** : Office électro-mécanique : 20, rue Saint-Ferréol. — **NANTES** : M. E. Perroud, ing., 21, rue Crébillon. — **STRASBOURG** : M. J. Folie, ing., 3, rue Saint-Maurice. — **BELGIQUE** : M. P. Bonamis, ing., 49, boulevard de la Meuse, JAMBES. — **ALGERIE & TUNISIE** : M. C. Thévenet, ing., 3, rue Jean-Macé. ALGER. — **ESPAGNE** : M. Jaime Larre, ing., A. de Corréos, 1066, MADRID; M. Grobety, ing., Rambla de Cataluña, 96, BARCELONE. — **SEVILLE**. Caravaca Electricidad, 15, Calle San Roque.

Digitized by Google

L'APPAREILLAGE ÉLECTRIQUE INDUSTRIEL

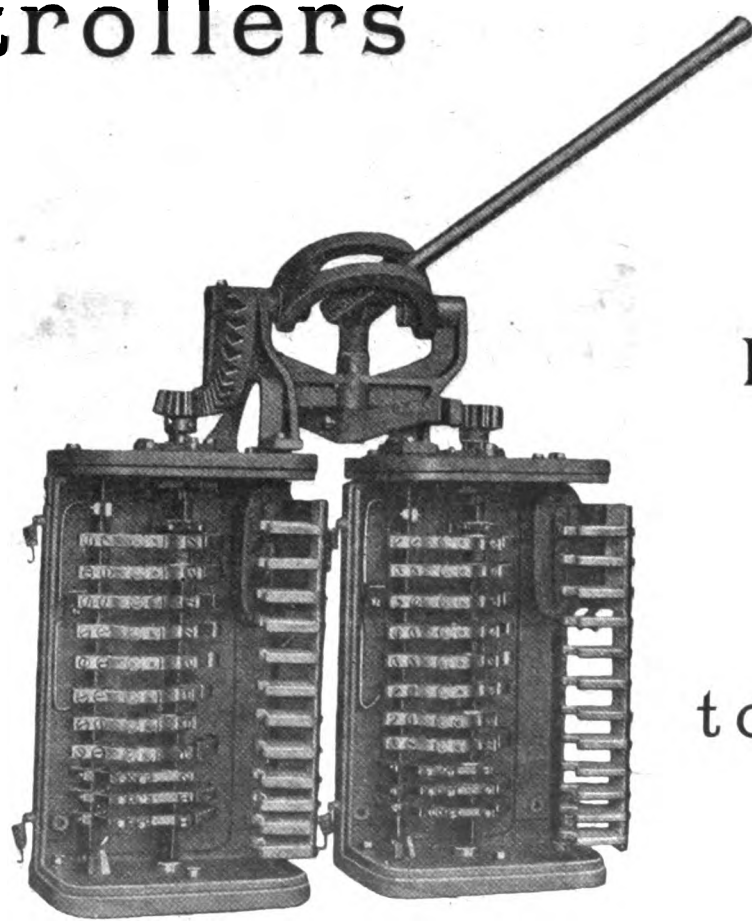
C. H. CHEVEAU & Cie

Usines à PARIS
et à
MONTCEAU-les-MINES

16, rue Oberkampf
PARIS (XIe)

Téléphone :
Roquette 09-44

Controllers



pour

toutes

applications

Digitized by Google

SOCIÉTÉ

des

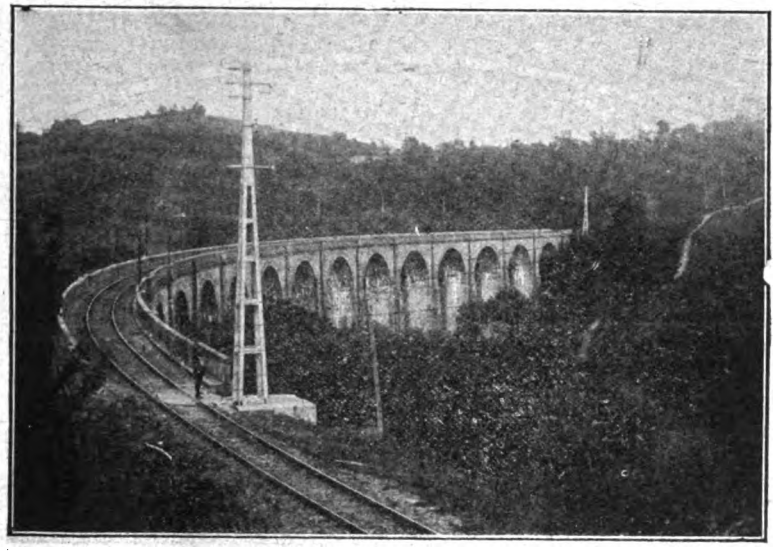
GRANDS RÉSEAUX ÉLECTRIQUES

SOCIÉTÉ ANONYME AU CAPITAL DE 1 000 000 FR.

SIÈGE SOCIAL : 126, Rue de Provence, PARIS (9e)

Téléph. : LOUVRE. 55-37 à 55-39
» *CENTRAL. 46-66*

Adr. télégr. : GRANRESO-PARIS



Installations complètes d'Usines thermiques et hydro-électriques

RÉSEAUX A HAUTE ET BASSE TENSIONS

ÉLECTRIFICATION des VOIES FERRÉES

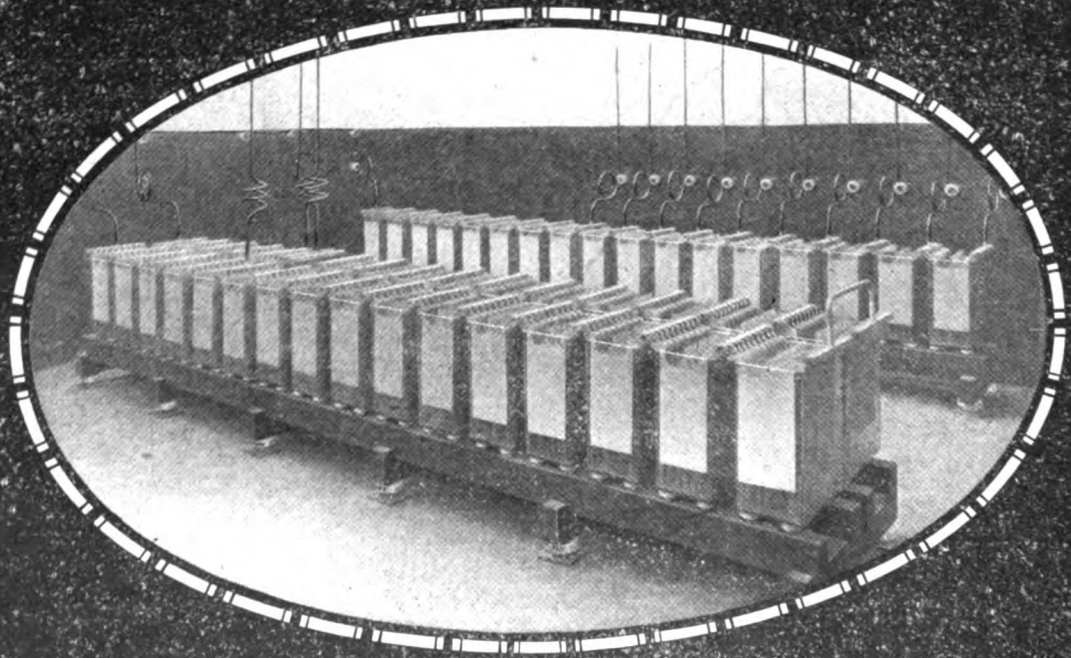
SOUS-STATIONS — LIGNES CATÉNAIRES

PYLONES MÉTALLIQUES — POTEAUX BÉTON ARMÉ

Digitized by Google

Les ACCUMULATEURS DININ

se sont imposés pour toutes les applications



BATTERIES STATIONNAIRES DE TOUTES PUISSANCES

SOCIÉTÉ DES ACCUMULATEURS ÉLECTRIQUES.

(Anciens Etablissements ALFRED DININ)

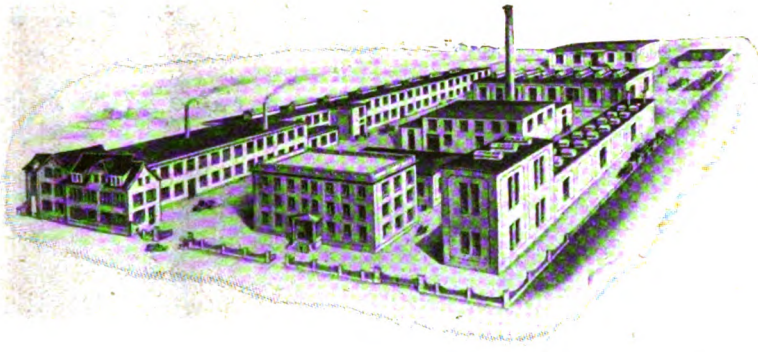
CAPITAL 6 MILLIONS

NANTERRE (Seine)

Ch. PASQUIER

Digitized by Google

USINES DIÉLECTRIQUES DELLE



TÉLÉGRAMMES :
DIÉLECTRIQUES

TÉLÉPHONE : N° 1

SPÉCIALITÉS :

Mica *Mica brut. Rondelles en mica, lames en mica découpées et calibrées.*

Micanite *Micanite en feuilles de grands et petits formats en toute épaisseur. Micanite à mouler. Micanite flexible. Papier-micanite. Toile micanite. Ruban micassé.*

Amberite *calibrée pour collecteurs, en plaques de format normal ou découpées en lames sur dimensions demandées. Ambérite pour chauffage électrique.*

Micafolium *en feuilles et en rouleaux.*

Papier *bakélisé, gommelaqué.*

Plaques Dellite *bakelisées, en toute épaisseur, en plaques de format normal et découpées ou travaillées. Formats jusqu'à 2,50 m × 1,75 m.*

Tubes et cylindres *en papier bakelisé et gommelaqué.*

Toile huilée *jaune et noire. Ruban huilé diagonal et droit.* PAPIER HUILÉ. SOIE HUILÉE.

Pièces moulées *cônes pour collecteurs, tubes, rondelles, bobines, etc.*

Vernis isolants *plastiques et diélectriques, jaunes et noirs. Vernis industriels.*

Fils émaillés *etc., etc.*

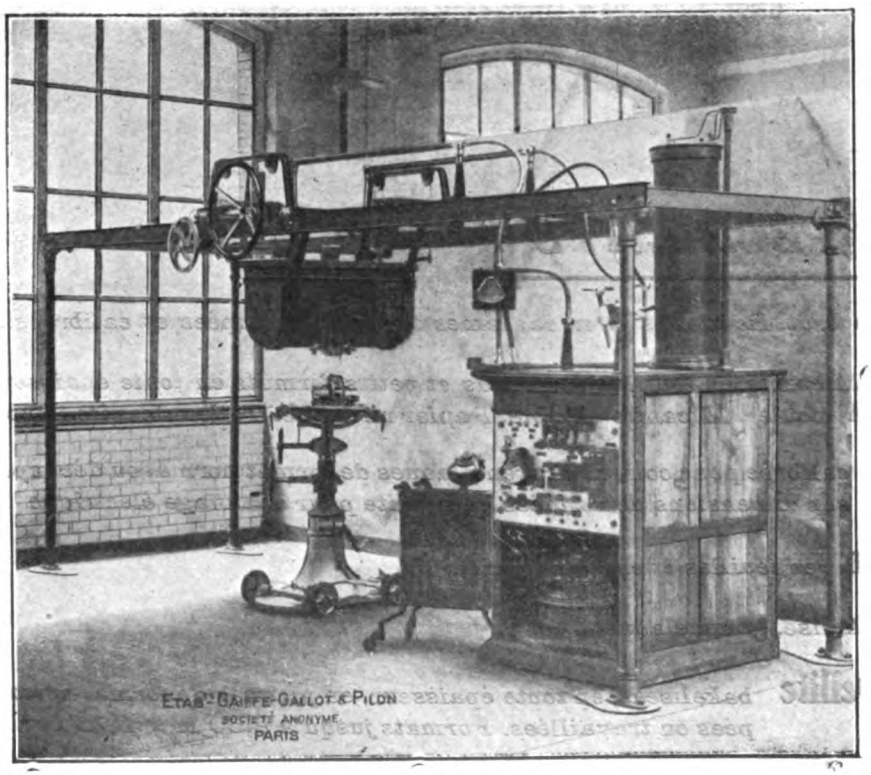
Digitized by Google

ETABLTS GAIFFE-GALLOT ET PILON

23, Rue Casimir-Périer, PARIS (7e)

La RADIOMÉTALLOGRAPHIE

Nouvelle méthode d'examen des métaux à l'aide des Rayons X



VUE D'UNE INSTALLATION DE RADIOMÉTALLOGRAPHIE DANS UN LABORATOIRE

Nous demander notre notice n° 24

- Envoi de devis sur demande -

Digitized by Google

SOCIÉTÉ DE CONSTRUCTION ELECTRIQUE

CAPITAL : 2000000 FR.

LYON — 67, Rue Molière, 67 — LYON

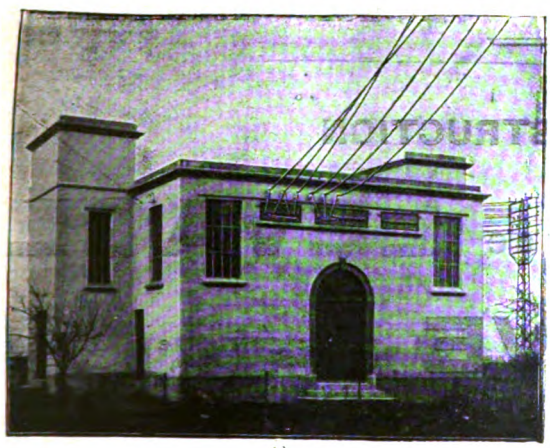
Téléphone Vaudrey { 10-63 / 10-83 *Adresse télégr. :* Conselec-Lyon

ENTREPRISES GÉNÉRALES D'INSTALLATIONS ÉLECTRIQUES

Centrales - Sous-stations de transformation
Lignes haute et basse tension
Equipement de réseaux de Chemins de fer et de Tramways
Electrification complète de Villes, Usines, Mines, etc.

TABLEAUX ET PUPITRES DE DISTRIBUTION

Agents exclusifs pour l'Est et le Sud-Est de la France des Appareils de protection " Capart "



POSTE DE TRANSFORMATION
2000 KW, 26000/550 VOLTS

MOTEURS pour courant alternatif

GROUPES MOTO-POMPES — SIRÈNES ÉLECTRIQUES
MOTEURS POUR MÉTIERS A TISSER
MOTEURS A DEUX VITESSES

APPAREILLAGE ÉLECTRIQUE INDUSTRIEL

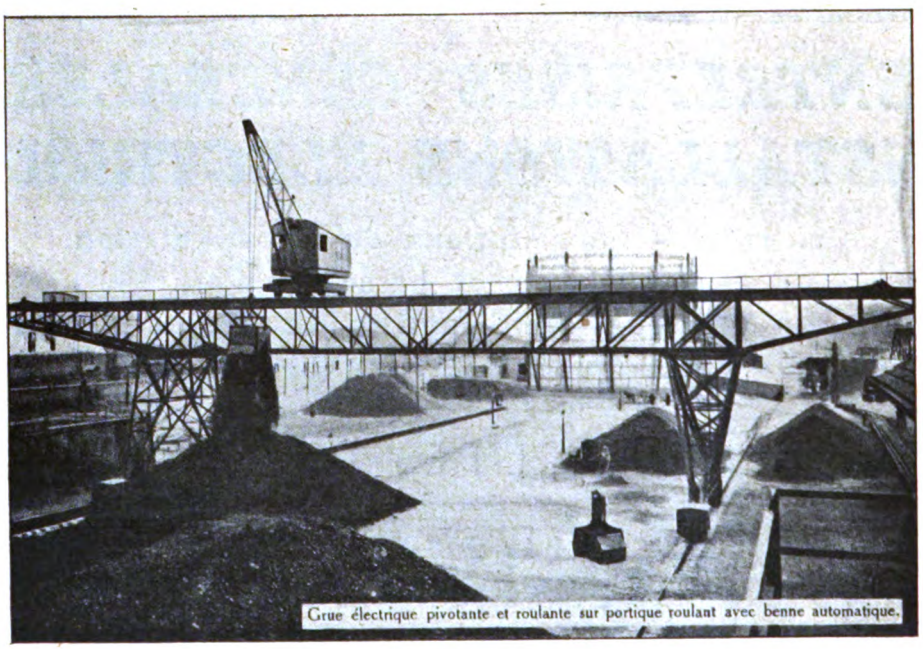
BUREAUX et AGENCES

Paris — M. SACONNEY, Dr, 35, rue de Naples. - *Tél : Wag. 33-41.*
St-Étienne — 25, rue du Président-Faure. - *Tél. 7-31.*
Lille — M. BADINES, 10, rue des Frères-Vaillant. - *Tél. 21-45.*
Nantes — OFFICE INDUSTRIEL, 48, rue de la Fosse. - *Tél. 15-56.*
Bordeaux - M. LARRALDE, 20, r. des Piliers-de-Tutelle. - *Tél. 54-65.*
Marseille — MM. FALCOT et DE LANVERSIN, 4, rue de Rome. *Tél. 53-39.*
Strasbourg — MM. GRUMBACH et Cie, 10, r. de Verdun. - *Tél. 32-83.*
Oran — M. LANATA, 6, rue Cavaignac.
Barcelone — M. DUBOS, Corcega 365.

Digitized by Google

APPAREILS DE LEVAGE ET DE MANUTENTION

ENGINS SPÉCIAUX POUR TOUTES INDUSTRIES



Grue électrique pivotante et roulante sur portique roulant avec benne automatique.

SOCIÉTÉ DE CONSTRUCTION

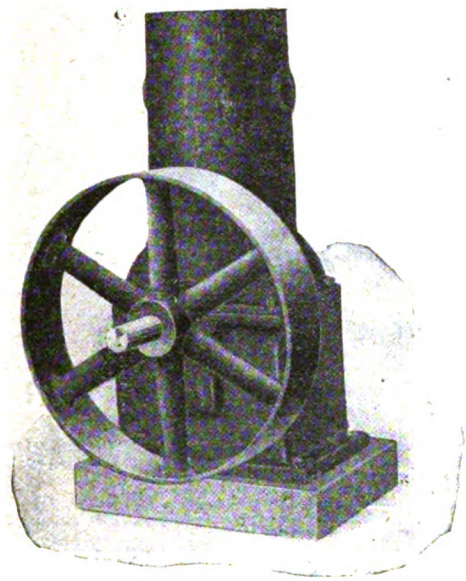
d'APPAREILS de LEVAGE

78, Rue **VITRUVE** Paris (XXe)

Charpente et grosse Chaudronnerie : Usines à ROUSIES (Nord) et AUBERVILLIERS

Digitized by Google

WORTHINGTON



Compresseur d'air vertical " WORTHINGTON " à clapets extra légers.

DEMANDER CATALOGUE B-182

NOS SPÉCIALITÉS :

Pompes à vapeur, à moteur, centrifuges à basse, moyenne et haute pressions;
Compresseurs d'air, Outillage pneumatique, Coupe-Rivets " Le Diable bleu ";
Condenseurs de tous types, Pompes à air, Pompes à vide sec et humide;
Tours réfrigérantes, Réchauffeurs d'eau d'alimentation pour locomotives;
Broyeurs, Concasseurs, Machines à fabriquer le ciment;
Moteurs Diesel et semi-Diesel, Machines soufflantes et Groupes électrogènes actionnés par Moteurs à gaz de hauts fourneaux;
Turbines à vapeur, Moteur à pétrole lampant " Ingeco ";
Redresseur de fils et barres.

Demandez Études, Devis, aux Services techniques de la

SOCIÉTÉ FRANÇAISE DES POMPES ET MACHINES

WORTHINGTON

SOCIÉTÉ ANONYME AU CAPITAL DE 15 000 000 FRANCS

Siège social et Bureaux : 1, rue des Italiens, PARIS (9e) — *Téléph. :* Central 65-16, 46-78 -- Louvre 52-86, 52-87

USINES : Le Bourget (Seine).
SUCCURSALES : Bruxelles, Lyon, Lille.
AGENCES : Le Havre, Rouen, Nantes, Bordeaux, Marseille, Alger, Tunis.

Digitized by Google

Société française des Constructions Babcock et Wilcox

Société anonyme au Capital de 12 000 000 francs.

Siège social : 45, rue La Boétie, PARIS (8e)

Ateliers : LA COURNEUVE (Seine)

CHAUDIÈRES

BABCOCK & WILCOX

GRILLES MÉCANIQUES SOUFFLÉES pour tous Combustibles

SURCHAUFFEURS — ÉCONOMISEURS — TUYAUTERIES

MANUTENTION MÉCANIQUE — ASPIRATION PNEUMATIQUE DES MACHEFERS

AU 31 DÉCEMBRE 1920

25 000 000 mètres carrés de surface de chauffe

INSTALLÉS DANS LE MONDE ENTIER TANT A TERRE QU'A BORD

CONSTRUCTION FRANÇAISE

LIVRAISONS RAPIDES

* * * * * * * *

Devis et Propositions

sur demande adressée au SIÈGE SOCIAL : 45, Rue La Boétie, PARIS (VIIIe)

Digitized by Google

SOCIÉTÉ FRANÇAISE
RADIO-ÉLECTRIQUE

SOCIÉTÉ ANONYME AU CAPITAL DE 7.000.000 DE FRS.
SIÈGE SOCIAL
79, boulevard Haussmann, 79
PARIS (VIIIe)

COMPAGNIES ASSOCIÉES :

Cie GÉN.^le de TÉLÉGRAPHIE sans FIL
79, boulevard Haussmann, Paris
S^té A^me AU CAPITAL DE 50.000.000 FRANCS

Cie RADIO-MARITIME
79, boulevard Haussmann, Paris
S^té A^me AU CAPITAL DE 5.000.000 FRANCS

Cie RADIO-FRANCE
79, Boul^d Haussmann, PARIS
S^té A^me AU CAPITAL DE 60.000.000 FRANCS

MATÉRIEL RADIO-ÉLECTRIQUE de toutes puissances jusqu'à 2 000 KILOWATTS-ANTENNE

ÉMISSIONS MUSICALES
ÉMISSIONS EN ONDES ENTRETENUES PAR TUBES A VIDE
ARCS
SERVICE EN MULTIPLEX

RADIOGONIOMÉTRIE

ALTERNATEURS HAUTE FRÉQUENCE de toutes puissances
COUPLAGE DES ALTERNATEURS DE HAUTE FRÉQUENCE

RADIOTÉLÉPHONIE

STATIONS FIXES ET TRANSPORTABLES
EMISSION ET RÉCEPTION SIMULTANÉES
RÉCEPTION AUTOMATIQUE A GRANDE VITESSE

puissance installée des Stations radioélectriques
20.000 kw.

ALTERNATEUR DE 250 KILOWATTS-ANTENNE

USINES de PYLONES
A LYON-VENISSIEUX (Rhône)

USINES RADIO-ÉLECTRIQUES
A LEVALLOIS ET SURESNES (Seine)

Ateliers de Matériel Electrique à
Belfort (S.A.C.M.)

AMPENON ELAGUE

Digitized by Google

SOCIÉTÉ PARISIENNE

POUR L'INDUSTRIE DES CHEMINS DE FER ET TRAMWAYS ÉLECTRIQUES

CAPITAL : 50 MILLIONS DE FRANCS

SIÈGE SOCIAL ET BUREAUX : 75, Boulevard Haussmann, PARIS (8e)

Téléphone : CENTRAL 34-10 — **Adresse télégraphique : PARELECOP-PARIS**

TRACTION ÉLECTRIQUE

CHEMINS DE FER - MÉTROPOLITAINS
TRAMWAYS ÉLECTRIQUES

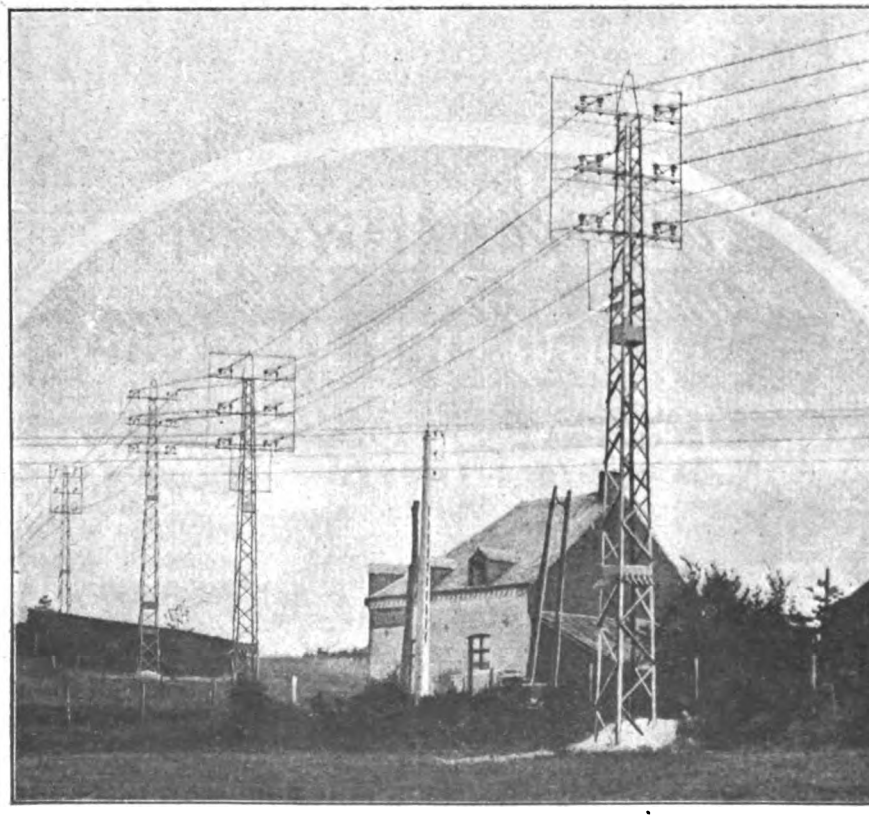
TRANSPORT D'ÉNERGIE A GRANDES DISTANCES

STATIONS CENTRALES

SOUS-STATIONS

Postes de transformation

Électrification complète de gares et d'usines



RÉSEAUX COMPLETS DE DISTRIBUTION D'ÉNERGIE
HAUTE & BASSE TENSION

Lignes aériennes de contact

LIGNES CATÉNAIRES

Lignes haute tension sur pylônes métalliques et poteaux ciment. — Traversée d'une ligne sur poteaux ciment et d'une ligne du réseau des Postes, Télégraphes et Téléphones. — Vue du dispositif de protection.

EMBRANCHEMENTS ET RACCORDEMENTS INDUSTRIELS

Digitized by Google

CABLES & FILS

ÉLECTRIQUES ISOLÉS

Câbles à haute tension
Câbles téléphoniques et télégraphiques
Câbles sous-marins
Accessoires

PIRELLI & C. MILANO

ITALIE

CAPITAL : 120 000 000 LIRES

PNEUMATIQUES

et BANDAGES PLEINS

Tous articles en caoutchouc et ébonite

ÉTABLISSEMENTS :

ITALIE (*Milan ville — Milan Bicocca — Vercurago — Spezia*)
ESPAGNE (*Villanueva y Geltrù*) — ANGLETERRE (*Southampton*)
ARGENTINE (*Buenos-Ayres*)

EN FRANCE :

SOCIÉTÉ FRANÇAISE PIRELLI

BUREAUX ET MAGASINS :
24, boul. de Villiers, LEVALLOIS-PERRET
(Seine)
Téléphone : Wagram 82-96, 58-85
Adresse télégraphique : Pirelli-Levallois

P C M

SALON D'EXPOSITION :
63, avenue des Champs-Elysées, PARIS (8e)
Téléphone : Elysées 55-72

Digitized by Google

ALIMENTATION DES GÉNÉRATEURS

en eau distillée dégazée

PAR LES PROCÉDÉS

PRACHE & BOUILLON

POSTE DISTILLATEUR D'EAU

à

détartrage automatique

fonctionnant

sans dépense supplémentaire

de

combustible.

Suppression totale

des incrustations

et

des corrosions.

Suppression des purges

aux

générateurs.

Demander renseignements à la SOCIÉTÉ GÉNÉRALE D'ÉVAPORATION

Procédés **PRACHE & BOUILLON**

25, rue de la Pépinière PARIS (8e) 106, boulevard Haussmann

Téléphone LOUVRE 17-80 *Télégrammes : PRAEBOU-PARIS*

COMPAGNIE DE CONSTRUCTION ÉLECTRIQUE

Société anonyme. — Capital : 1 500 000 francs.

44, rue du Docteur-Lombard. — ISSY-LES-MOULINEAUX (Seine)

COMPTEURS D'ÉLECTRICITÉ

Système " **BT** ", breveté S. G. D. G.

Pour courants alternatifs, monophasés et polyphasés

Agréés par l'État, les Villes de Paris, Marseille, Grenoble, etc.
Employés par la Compagnie parisienne d'Électricité, les Secteurs de la Banlieue et les principales Stations de Province

Plus de 1000000 d'appareils en service

LIMITEURS D'INTENSITÉ pour Courants continu et alternatif

Transformateurs de Mesure — Compteurs horaires

Compteurs d'Energie réactive

UNIS FRANCE

Digitized by Google

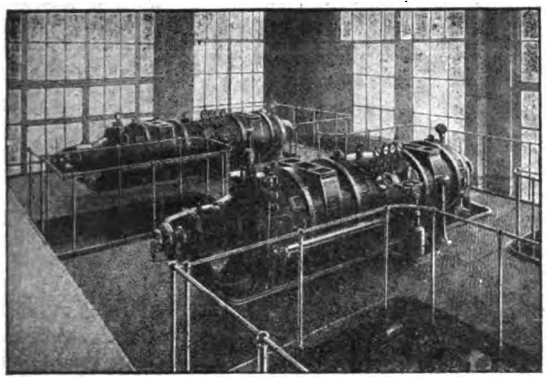
Anciens Établissements SAUTTER = HARLE

SOCIÉTÉ ANONYME AU CAPITAL DE 8 000 000 FRANCS

UNIS FRANCE 1 18

16 et 26, av. de Suffren
PARIS (15e)

Téléph. : Saxe 11-55



Station centrale
avec Groupes électrogènes à TURBINE RADIALE à double rotation *Système Ljungström* construits dans les Ateliers SAUTTER-HARLÉ.

GROUPES POUR LA PROPULSION ÉLECTRIQUE DES NAVIRES

TURBINES LJUNGSTRÖM

à très faible consommation de vapeur.

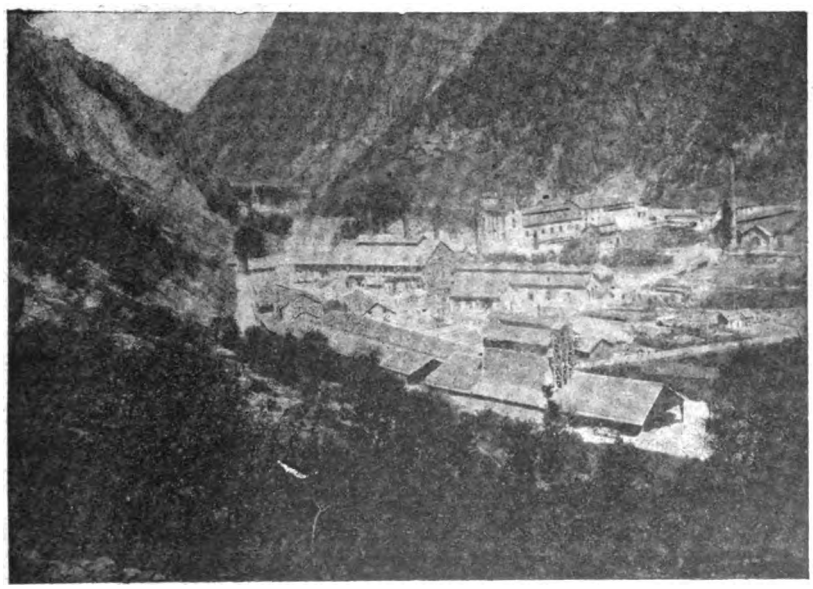
fin 1920 :

700000 ch environ de **TURBINES LJUNGSTRÖM**
livrées ou en construction dont
600000 ch environ construits hors de France et
100000 ch environ construits en France dans les Ateliers ***SAUTTER-HARLÉ***

POMPES CENTRIFUGES - COMPRESSEURS D'AIR CENTRIFUGES
COMPRESSEURS D'AIR à piston à haute et à basse pression.
MACHINES ÉLECTRIQUES - MOTEURS à vapeur et à pétrole.
APPAREILS DE LEVAGE - TREUILS électriques et à bras.
MACHINES FRIGORIFIQUES - PHARES & SIGNAUX SONORES

Société des Électrodes de Savoie

Usines à NOTRE-DAME-DE-BRIANÇON (Savoie)



ÉLECTRODES HAUTE CONDUCTIBILITÉ — CHARBONS GRAPHITÉS POUR TOUS USAGES

Produits extra-réfractaires en carbone, carborundum, alumine fondue.

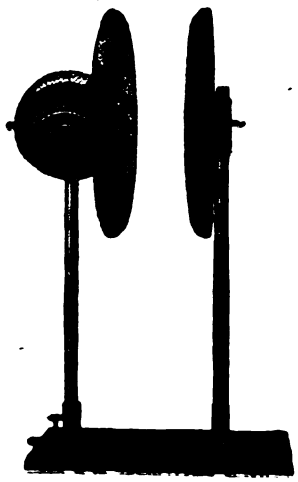
Digitized by Google

INSTRUMENTS DE MESURES ÉLECTRIQUES

J. CARPENTIER

DUNIS FRÈRES

20, rue Delambre, PARIS (14e) — Téléph. : Saxe 06-65



Électromètre Abraham Villard (200 000 v).

APPAREILS de TABLEAU et de CONTROLE

(courant continu et alternatif)

Ampèremètres, voltmètres, wattmètres, fréquencemètres, phasemètres, synchroscopes, enregistreurs, appareils portatifs, boîtes de contrôle.

MESURE des ISOLEMENTS et des RÉSISTANCES

Ohmmètres, logomètres.

APPAREILS de PYROMÉTRIE

Couples thermo-électriques, cannes, pyromètres de tableau et de contrôle.

APPAREILS de LABORATOIRES

Oscillographes, ponts de Wheatstone, boîtes de résistance, potentiomètres, électromètres pour toutes tensions, galvanomètres de tous systèmes, appareils pour essais magnétiques des fers, manographes, acromètres.

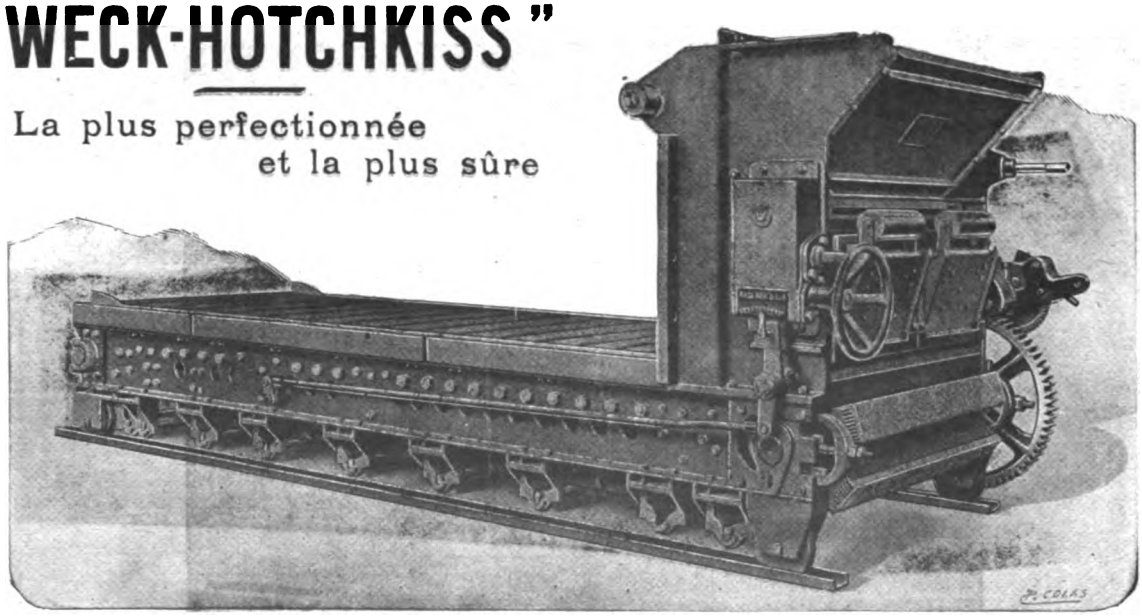
APPAREILS de TÉLÉGRAPHIE

Télégraphe **BAUDOT**

GRILLE AUTOMATIQUE A CHAINE

"WECK-HOTCHKISS"

La plus perfectionnée
et la plus sûre



SOCIÉTÉ ANONYME DES ANCIENS ÉTABLISSEMENTS **HOTCHKISS & Cie**

6, Route de Gonesse
SAINT-DENIS (Seine)

Digitized by Google

Adr. télégr. : OERLIK

SOCIÉTÉ

Usine à ORNANS (Doubs)

OERLIKON

15, rue de Milan, PARIS (9e) — *Tél. : Central 20-54 et Central 82-25*

Moteurs, Génératrices, Transformateurs
Riveuses hydro-électriques, Perceuses

Engins de levage électriques
Ponts de coulée, Enfourneuses, Strippers, etc.

Turbines à vapeur
Turbo-compresseurs,
Installation de Centrales

BUREAUX A

BRUXELLES
57A, Boulevard Botanique

LILLE
1, boulevard de la Liberté

LYON
2, quai Rambaud

MARSEILLE
27, rue Pavillon

METZ, 6, place de la Gare

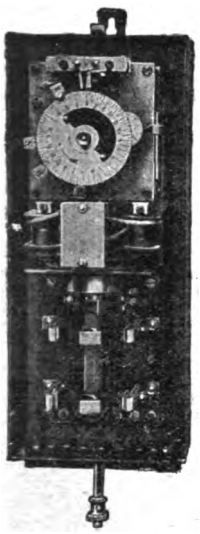
Machines d'extraction électriques
Ventilateurs, Moteurs pour Mines grisouteuses

Moteurs pour Filatures et Tissages
à vitesse variable pour attaque individuelle

Matériel de Traction
Tramways, Locomotives jusqu'à 3000 chevaux
Appareillage jusqu'à 120000 volts

Chauffage électrique industriel
Chaudières pour eau chaude et vapeur

DEVIS ET RENSEIGNEMENTS SUR DEMANDE



Disjoncteur-Conjoncteur horaire

APPAREILS ÉLECTRIQUES
ET
COMPTEURS GARNIER

SOCIÉTÉ ANONYME AU CAPITAL DE 1200000 FRANCS

SIÈGE SOCIAL : 23, Rue Cavenne, 25 — LYON

Téléph. : VAUDREY 5-46 Adresse télégr. DYNAMO-LYON

Maison à PARIS : 115, rue Cardinet (17e) — Téléph. : WAGRAM 24-22

ALLUMEURS EXTINCTEURS
INTERRUPTEURS et COMMUTATEURS HORAIRES
DISJONCTEURS — CONJONCTEURS HORAIRES
ÉQUIPEMENTS DE COMMANDE
HORLOGES A CONTACT
MINUTIERS

(Appareils licence SAUTER)

COMPTEURS POUR COURANT CONTINU ET ALTERNATIF — **LIMITEURS** DE COURANT

Digitized by Google

ÉTABLISSEMENTS

DELAUNAY BELLEVILLE

Société anonyme au Capital de 25000000 francs

Ateliers et Chantiers de l'Ermitage, à SAINT-DENIS (Seine)

GÉNÉRATEURS BELLEVILLE

10 000 000 chevaux-vapeur en service

NOUVELLE CHAUDIÈRE A GRAND VOLUME D'EAU

POUR TOUTES APPLICATIONS INDUSTRIELLES

TYPES SPÉCIAUX POUR CENTRALES ÉLECTRIQUES

Jusqu'à 60 000 kilogrammes de vapeur par chaudière et par heure.

MOTEURS SEMI-DIESEL

Licence "Tuxham"

DE 7 A 200 CHEVAUX

APPLICATIONS SPÉCIALES AUX GROUPES ÉLECTROGENES

-:- *Étude gratuite de tous Projets et Devis* -:-

Digitized by Google

S.I.F.A.M.
MARQUE DÉPOSÉE

Ampèremètres
Voltmètres
Waltmètres
Phasemètres
Fréquencemètres
Enregistreurs
Transformateurs de Mesure
jusqu'à 45000 Volts

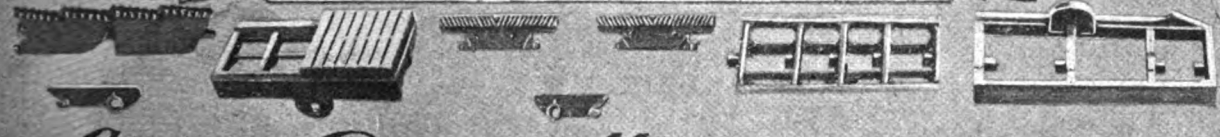
Société Industrielle
pour la Fabrication d'Appareils de Mesure

5, Rue Godot-de-Mauroy, PARIS (9e). — Téléph. : *Louvre 14-52* **Usine à Fontenay-s-Bois**

Téléph. Elysées 35-78 et 35-79 MARQUE DE FABRIQUE *Adr. Tél. SOPROMETAL-PARIS*

PROMÉTAL

MÉTAL RÉFRACTAIRE AU FEU



Société de Produits Métallurgiques SERVICE R.E.

148, Boulevard Haussmann
PARIS
(VIIIe)

USINES: FONDERIES HAVRAISES, LE HAVRE — FONDERIES DE RONCHEROLLES-BOLBEC (S.-I.)

Exécutons toutes pièces telles que: Nez de décrasseurs, Tuyères, Grilles automatiques de tous systèmes, Barreaux de grilles, contre-portes

Digitized by Google

ANCs ÉTABs PARVILLÉE FRÈRES & CIE

56, RUE DE LA VICTOIRE, 56

PARIS

FERRURES GALVANISÉES

CHAUFFAGE ÉLECTRIQUE

Ch. PASQUIER

DYNAMOS & MOTEURS ÉLECTRIQUES

d'Occasion, garantis

LOCATION

de Machines ÉLECTRIQUES

de toutes puissances

VENTE — ACHAT

ECHANGE

ALEXANDRE MESSMER

RÉPARATIONS

REBOBINAGES

de Dynamos de tous Systèmes

Location de Machines pendant les Réparations

27, rue Frédéric-Mottez, LILLE. — Téléph. : 5.60

Ateliers, Bureaux et Magasins : 93, Bd Diderot, PARIS (12e)

TÉLÉPH. : Diderot 09-49 et 09-50

MÉTRO | Nation. Reuilly.

Digitized by Google

ISOLATEURS

THOMAS-HEWLETT

Type Link

en service sur les lignes de transport à 120 000 volts du réseau d'Etat français

CONNEXION MÉTALLIQUE

SANS ATTACHE RIGIDE NI CIMENT

PAS DE VIEILLISSEMENT

FABRIQUÉS PAR

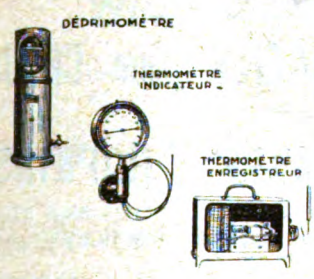
The R. Thomas and Sons Company

East Liverpool, Ohio, Etats-Unis

Agent général pour la France :

M. BUCOURT, ing., 226, Rue Marcadet, PARIS (18e)

ÉCONOMIE PAR L'EFFICACITÉ



KATER & ANKERSMIT

Ingénieurs - Contructeurs

6, Rue de Madrid. PARIS

Tél. Wagr. 61-68

ANALYSEURS DE CO^2

DESHUILEURS

SÉCHEURS DE VAPEUR

COMPTEURS { d'eau / de vapeur / d'air

ÉPURATEURS D'EAU

THERMOMÈTRES - PYROMÈTRES

MOTEURS SEMI-DIESEL

■ ■ ■

Demander notre Catalogue général

Digitized by Google

LA DAUPHINOISE ÉLECTRIQUE

SOCIÉTÉ ANONYME — CAPITAL : 1 MILLION DE FRANCS

Siège social, Administration et Usines :

GRENOBLE — Rue du Monestier-de-Clermont — GRENOBLE

Téléphone : 18-75 7-33

Télégr. : DAUPHELEC-PARIS

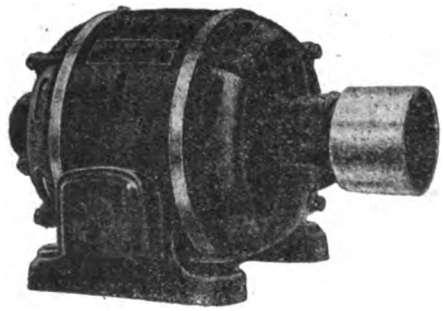
Bureaux à PARIS (8e) :
57, Rue Pierre-Charron, 57

MOTEURS TRIPHASÉS

Caractéristiques relevées par l'Institut électrotechnique de Grenoble :

Type M 15 normal 1,5 ch, 50 p:s, 115/200 volts, 1410 t : mn.

Rendement à pleine charge 83 p. 100
Facteur de puis. à pl. charge 0,876

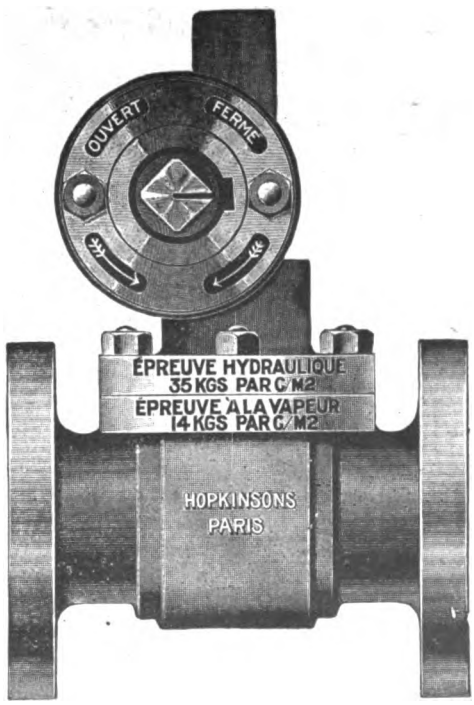


Type M 20 fermé, spécial pour métiers à tisser, 0,75 ch, 50 p:s, 115/200 volts, 960 t : mn.

Rendement à pleine charge 81,2 %
Facteur de puis. à pl. charge 0,81

STOCK DANS NOS USINES ET DÉPOTS

DEMANDEZ NOS DERNIERS PRIX



Société des Établissements HOPKINSON

INGÉNIEURS-CONSTRUCTEURS

94, Rue Saint-Lazare, PARIS (IXe)

VALVES et APPAREILS pour CHAUDIÈRES

VALVE DE VIDANGE "HOPKINSON"

N'EST PAS UN ESSAI, MAIS UN SUCCÈS BIEN ÉTABLI
PLUS DE : 100000 EN SERVICE

AVANTAGES SUR TOUS LES AUTRES APPAREILS

Facile à manœuvrer sous toutes pressions
Toutes dilatations et contractions entièrement prévues sous toutes températures
Passage direct et parfaitement libre
Sièges et disques démontables et renouvelables,
en métal "PLATNAM" HOPKINSON, spécial pour les mauvaises eaux
Munie du pignon "OPLOK"
supprimant tout effort sur les dents du pignon et de la crémaillère

Catalogues illustrés — Renseignements et Références sur demande.

Digitized by Google

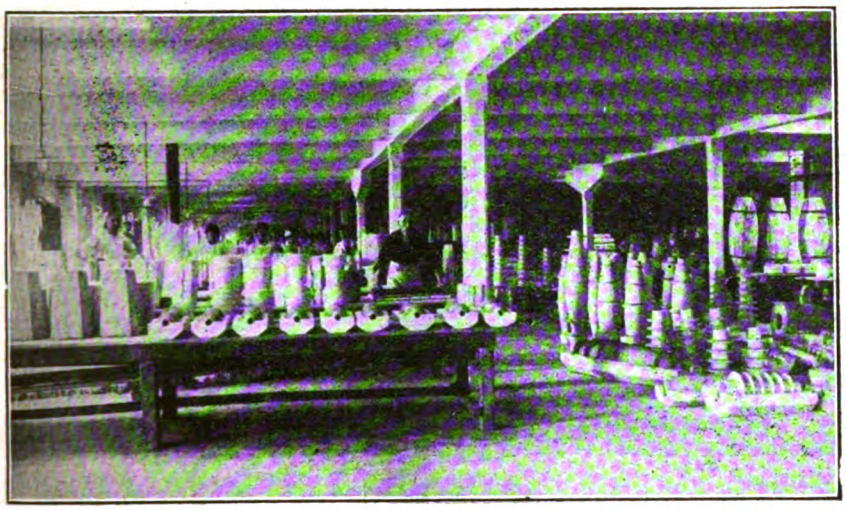
FABRIQUE DE PORCELAINES DE FUISSEAUX

ISOLATEURS

Société anonyme
BAUDOUR (Belgique)

POUR

TOUTES LES APPLICATIONS DE L'ELECTRICITÉ :



TRANSPORTS D'ÉNERGIE

APPAREILLAGE
HAUTE TENSION

PETIT APPAREILLAGE

Transformateur à 250 000 v.
pour les essais
de toute notre porcelaine

LABORATOIRES
à la disposition
de notre clientèle

PERFECT
MICANITE
INSULATOR
REGISTERED

THE MICANITE & INSULATORS Co LTD
EMPIRE WORKS.
WALTHAMSTOW. LONDON. E. 17.

MICA Mica brut importé en caisses d'origine. Mica clivé. Rondelles mica, lames mica découpées et calibrées. Mica ambré pour moteurs de traction. Mica clair pour condensateurs de magnétos, pour poêles. Poudre de mica, etc.

MICANITE Micanite à mouler. Micanite pour collecteurs. Micanite souple. Papier micanite. Toile micanite. Soie micanite. Ruban micanite. Micafolium. Tubes et Cônes micanite de toutes formes et toutes dimensions.

PAXOLIN Isolant idéal pour haute tension et immersion dans l'huile. Cylindres de transformateurs, tubes, bobines, planches, etc.

ISOLANTS huilés de première qualité (jaunes ou noirs) marque " EMPIRE ". Toiles, Papiers, Soies et Rubans huilés (biais ou droit fil).

LEATHEROID, PRESSPAHN, FIBRE VULCANISÉE EN PLANCHES, PAPIER RED ROPE, GOMME LAQUE, VERNIS, RUBANS CHATERTONNÉS & CAOUTCHOUTÉS

AGENTS POUR LA FRANCE
C. DÉMOLY et M. MARTINOT, 44, r. St-Lazare, Paris-9e

AGENT POUR LA BELGIQUE :
VICTOR DUQUESNE, 44, boulevard Anspach, Bruxelles

Digitized by Google

GROUPES ÉLECTROGÈNES JUSQU'A 1200 KW

avec turbines multicellulaires à engrenages

DE FAIBLE CONSOMMATION

TURBINES A VAPEUR à condensation, à contre-pression, à basse pression

CONDENSEURS par mélange et par surface

avec l'ÉJECTAIR BREGUET-DELAPORTE

TOUTES APPLICATIONS DU **VIDE**

TURBO-POMPES ..... MOTO-POMPES

Envoi de Notices et Références sur demande

MAISON BREGUET Société anon. au capital de 8000000 fr.

USINES : PARIS — DOUAI — DÉVILLE-LES-ROUEN

SIÈGE SOCIAL : 19, rue Didot, PARIS SERVICE COMMERCIAL : 34, rue de Châteaudun, PARIS

Maison COLMANT

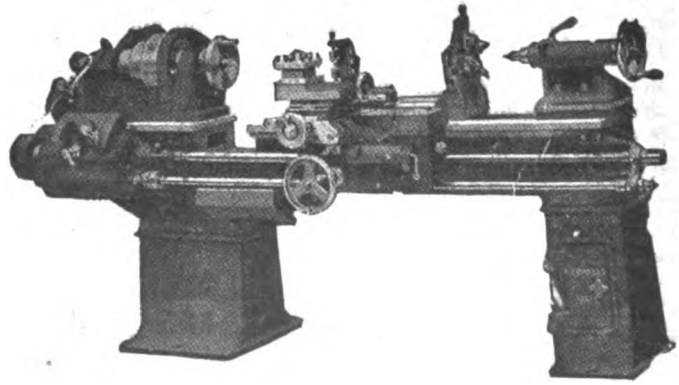
fondée en 1863.

ATELIERS H. ERNAULT

169, Rue d'Alésia, PARIS (XIVe). 46, Rue Ledru-Rollin, IVRY-sur-SEINE

GRAND PRIX { Exposition Universelle PARIS 1900
Exposition Internationale GAND 1913

TOURS
à charioter
et fileter.
SÉRIE A CONE



TOURS
à charioter
et fileter.
SÉRIE MONOPOULIE

MACHINE A ALÉSER DOUBLE — FRAISEUSES — MACHINE A AFFUTER LES FRAISES

Digitized by Google

ALFRED HERLICQ PARIS

CONSTRUCTIONS ET ENTREPRISES ÉLECTRIQUES

44, rue Amelot. — *Téléphone : Roquette 79-62 et 79-63*

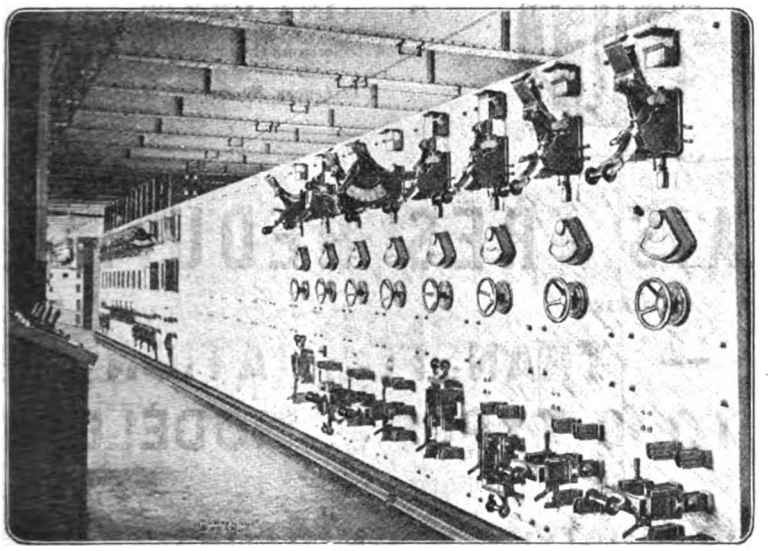


Tableau de la sous-station du Chemin de fer de l'Etat, à Asnières

STATIONS CENTRALES

POSTES
DE TRANSFORMATION

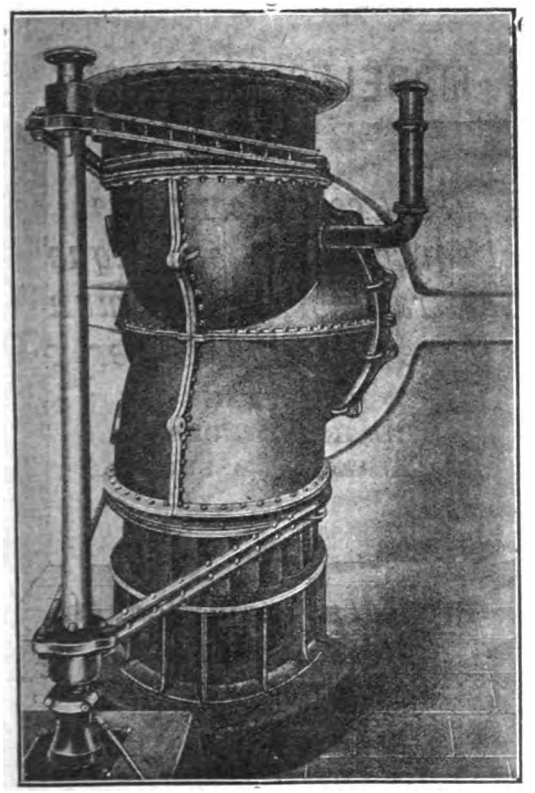
TABLEAUX de DISTRIBUTION

INSTALLATIONS
D'USINES

Maison à LILLE

10, rue Baptiste-Monnoyer

Téléphone : 834



TURBINES HYDRAULIQUES MODERNES

Toutes puissances — Grandes et nombreuses références

RÉGULATEURS SERVO-MOTEURS
d'huile de haute précision

GRILLES - VANNES - BARRAGES
CONDUITES D'EAU

Installations complètes
d'usines hydrauliques

SOCIÉTÉ HYDRO-MÉCANIQUE

Etablissements " GROS ET PONSONNET "
ET " MARMOZ " RÉUNIS

Société anonyme au capital de 1500000 fr

61, Allées de Brienne, TOULOUSE

Digitized by Google

SOCIÉTÉ D'APPLICATIONS ET DE FABRICATIONS INDUSTRIELLES

SOCIÉTÉ ANONYME

Siège social et Bureaux :
14, RUE BASSANO
PARIS-16e
Téléphone : Passy 81-24

SAFi

Usine
A SAINT-VRAIN
Seine-et-Oise
Téléphone N° 12

PRIX ET DÉLAIS TRÈS RÉDUITS

POUR

FABRICATION -- TRANSFORMATION RÉPARATION DE TOUS TYPES ET MODÈLES

DE

DYNAMOS — ALTERNATEURS — MOTEURS
TRANSFORMATEURS — SECTIONS D'INDUITS
BOBINES INDUCTRICES

❀

TOUS APPAREILS DE SÉRIE SUR MODÈLES OU PLANS

❀

Tout ce qui concerne l'équipement électrique de transports en commun et de chemins de fer :

CHAUFFAGE
ECLAIRAGE NORMAL
ECLAIRAGE DE SECOURS
etc.

❀

Procédés perfectionnés
D'INJECTION
D'ÉTUVAGE
&
D'ISOLATION

Digitized by Google

Siège social et Usine à TRÉVOUX (Ain)

SOCIÉTÉ ANONYME DES CONDENSATEURS DE TRÉVOUX

CAPITAL : 1 500 000 FRANCS

Anc[t] Manuf. d'Appareillage électrique spécial

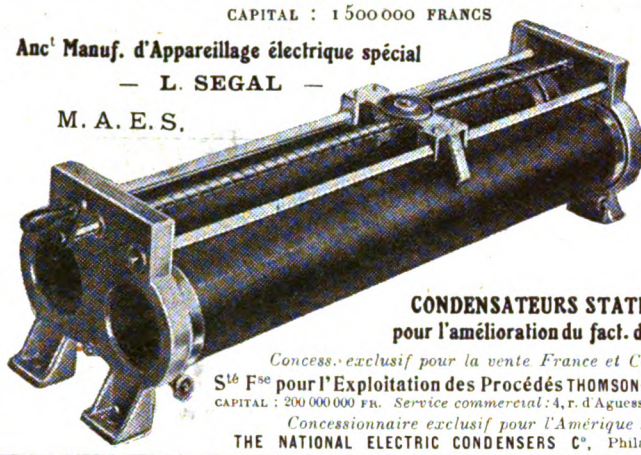
— L. SEGAL —

Téléph. : 52

Adr. télégr. : SEGAL-TRÉVOUX

CONDENSATEURS
TÉLÉPHONIQUES
Verre, Mica, etc.

M. A. E. S.



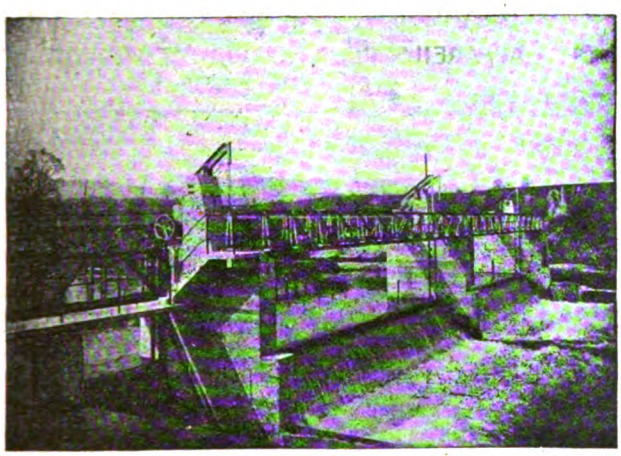
RHÉOSTATS à CURSEURS
toutes intensités, toutes résistances, tous genres de commandes.

Agence générale FRANCE et COLONIES :
Charles TOURNAIRE
52, R. de Dunkerque, PARIS-X[e]
Tél. Trudaine 68-61

CONDENSATEURS STATIQUES
pour l'amélioration du fact. de puiss.
Concess.[re] exclusif pour la vente France et Colonies :
S[té] F[se] pour l'Exploitation des Procédés THOMSON-HOUSTON
CAPITAL : 200 000 000 FR. *Service commercial :* 4, r. d'Aguesseau, Paris
Concessionnaire exclusif pour l'Amérique :
THE NATIONAL ELECTRIC CONDENSERS C[o], Philadelphie

Agence en ITALIE :
Ing[r] CORRADO LANDI
36, Via Morgagni
MILAN

BARRAGES AUTOMATIQUES SOCIÉTÉ ANONYME
ZURICH (Suisse)



Recommande ses spécialités de

VANNES AUTOMATIQUES

pour la régularisation des cours d'eau produisant le meilleur emploi des forces motrices. — Toute sécurité pendant les crues, élimination de la main-d'œuvre, augmentation de rendement de l'usine. — MEILLEURES RÉFÉRENCES

Installations en marche et en cours d'exécution :
Plus de 1 400 mètres de largeur pour une régularisation d'environ 13 000 mètres cubes par seconde

CATALOGUE ILLUSTRÉ, PROJETS, DEVIS

Représentant pour la France :
H.-F. WEBER, Ing.-Conseil, 26, boul. de Grenelle, à PARIS-15[e]

TRANSFORMATEURS INDUSTRIELS — TRANSFORMATEURS DE POTENTIEL — TRANSFORMATEURS D'INTENSITÉ

LA TRANSFORMATION DE L'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE

P T

MAISON P. TORCHE & Cie

SIÈGE & BUREAUX :
25, Rue Pasquier, PARIS (8e) — Tél. : GUT. 73-24 et LOUVRE 09-40

ATELIERS
16, Rue du Transvaal, PARIS (20e) — Tél. : ROQ. 36-18
24, Rue Botha, PARIS (20e)
15, Rue de la Zone Orientale, MALAKOFF (Seine)

P T

PROTECTION CONTRE LES SURTENSIONS — ACCESSOIRES POUR INSTALLATIONS A HAUTE TENSION

Digitized by Google

186-186 bis-188, rue Championnet
PARIS — Téléphone : Marcadet 05-52

Chauvin & Arnoux

PYROMÈTRES
TACHYMÈTRES

APPAREILS POUR TOUTES MESURES ÉLECTRIQUES

ZIVY & Cie

PARIS
29 et 31, Rue de Naples
Téléph Wagram 65-42

Compteurs totalisateurs pour tours à bobiner
Tachymètres portatifs et stationnaires
Compteurs de tours et Compteurs horaires système HASLER
Indicateurs et Enregistreurs de vitesse TEL
Pieds à coulisse et Micromètres à cadran — Chronographes

Compteur pour bobinage

Télép. 2-57, Villeurbanne
MANUFACTURE
Télép. GO-35-Saxe. Paris

D'ISOLANTS DU RHÔNE

Sté Anonyme au Capital de 2 millions de Fr.

Siège Social & Bureaux } 8, R. Bouchet Villeurbanne. Usines : Villeurbanne (Rhône) et à Décines (Isère)

Dépôt : PRES LYON Paris. 18. Rue du Général Beuret. XV.

Porcelaines Haute et Basse Tensions
Isolateurs pour Gros Efforts Mécaniques
Porcelaines Réfractaires pour Appareils de Chauffage
ISOLANTS POUR BOUGIES D'ALLUMAGE.

Dépôts :
NANCY
53, Rue du Fg-St-Jean
STRASBOURG
5, Rue Kuhn

Digitized by Google

ASSURANCES DE TOUTE NATURE

Placement de tous risques. — Vérification de polices. — Règlements de sinistres. — Contentieux.

Ancienne agence GETTING

F. PIEL (gendre) et J. A. LIÈVRE

ASSUREURS-CONSEILS

Téléphone : TRUDAINE 60-49 — BUREAUX : 24, rue de Châteaudun, Paris (IXe)

DYNAMOS-MOTEURS

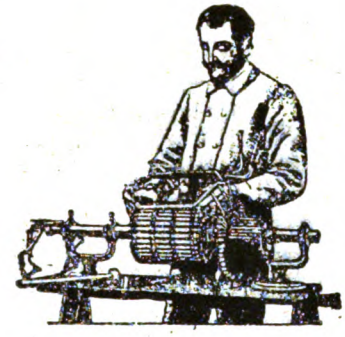
COURANTS CONTINU ET ALTERNATIFS DE NOTRE CONSTRUCTION NEUVE

Réparations et Transformations

de Machines électriques de tous systèmes

Postes économiseurs de soudure par l'arc, mono, di et triphasé

ACHAT, VENTE DE MACHINES D'OCCASION



UNIVERSEL ELECTRIC, Établissements Adolphe ROULLAND (A.-&-M.)

35, rue de Bagnolet, PARIS (20e) — Tél. Roq. 29-19, 46-53

LAMPE IRIS

ANCIENS ÉTABLISSEMENTS LARNAUDE — *34, Rue Godot-de-Mauroi, PARIS (9e)*

LAMPES A FILAMENT MÉTALLIQUE dites monowatt.
LAMPES A FILAMENT MÉTALLIQUE dites demiwatt.
LAMPES A FILAMENT DE CARBONE.

UNIS FRANCE

USINE : **ISSY-LES-MOULINEAUX**

TÉLÉPHONE : Gutenberg 35-38

SOLEIL

SIÈGE SOCIAL : 23, rue Mogador PARIS (9e)

SÉCURITÉ GÉNÉRALE ET RESPONSABILITÉ CIVILE RÉUNIES

CAPITAL : 2500000 FRANCS ENTIÈREMENT VERSÉS

ASSURANCES CONTRE LES

ACCIDENTS ET RESPONSABILITÉS CIVILES DE TOUTE NATURE

Directeur : BŒTZEL Ancien Élève de l'École Polytechnique.
Sous-Directeur : RICHARD Ancien Élève de l'École Polytechnique.

La Compagnie possède 600 AGENCES PRINCIPALES EN PROVINCE

Digitized by Google

SOCIÉTÉ d'ÉLECTRO-MÉTALLURGIE de DIVES

Société anonyme au capital de 20 millions de francs.

CUIVRE · LAITON · NICKEL · ALUMINIUM · ÉTAIN

EN TUBES, BARRES, FILS, PLANCHES, FEUILLES, EMBOUTIS

Fils en cuivre de haute conductibilité, Fils pour Trolley, Fils bi-métal,
Coins pour collecteurs, Etain en feuilles, Maillechort en fils et en lames.

USINES à
DIVES-sur-MER (Calvados)

SIÈGE SOCIAL à
PARIS. — 11 bis, rue Roquépine (8e)

S. M. I. M.
SOCIÉTÉ de MOTEURS à gaz et d'INDUSTRIE MÉCANIQUE

Société anonyme au capital de 12500000 fr. — 135, Rue de la Convention, PARIS (XVe)
Télégr. OTTOMOTEUR-PARIS — Téléph. SAXE 74-13, 74-14, 74-15

Groupes électrogènes
Moteurs à gaz — Gazogènes
Moteurs à essence
Moteurs Diesel
et Semi-Diesel

C.G.S.

OFFICINE MECCANICHE ITALIANE
FABRIQUE D'INSTRUMENTS ÉLECTRIQUES
(Anc Ing. C. OLIVETTI & C.) MONZA (Italia)

AMPÈREMÈTRES - VOLTMÈTRES - WATTMÈTRES (Indicateurs de tableau et portatifs)
APPAREILS ENREGISTREURS de TABLEAU et PORTATIFS
(Ampèremètres - Voltmètres - Wattmètres - Fréquencemètres - Phasemètres)
TRANSFORMATEURS de MESURES jusqu'à 30000 ampères et 80000 volts
COMPTEURS D'ÉLECTRICITÉ

Représentant général : ROB. WILD, ing., PARIS (8e), 25, rue Pasquier Tél. : Gut. 73-24

Enregistreur à relais de haute précision

Comptoir Industriel d'Etirage & Profilage de Métaux

103 à 113, Avenue Philippe-Auguste, Paris XIe
Téléphone-Roquette 24-71, 73-91

A TOUJOURS DISPONIBLES EN MAGASIN :

ACIERS *RONDS, CARRÉS, HEXAGONAUX, DE TOUTES DIMENSIONS*
MÉPLATS POUR CLAVETTES, RÈGLES, ETC. EN TOUTES SECTIONS

Spécialité de PROFILAGE DE PRÉCISION en tous Métaux

Catalogue et Tarif sont envoyés sur demande

Digitized by Google

P. DELAFON

Vve P. DELAFON et Cie, sucrs.

Fabrique de Piles électriques de tous Systèmes

PILES A LIQUIDE IMMOBILISÉ — PILES DE POCHE

SONNERIES, TABLEAUX, CONTACTS, ACCESSOIRES

Bureaux : 82, boulevard Richard-Lenoir, PARIS (11e). — Usine à Ivry-sur-Seine.

ISOLANTS

MICA
MICANITE
PRESSPAHN

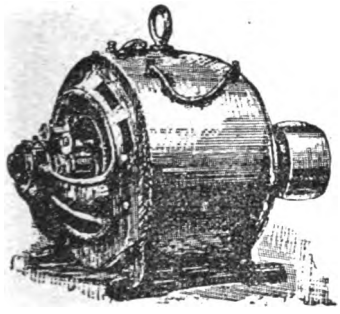
TOILES HUILÉES, LEATHEROID, CHATTERTON, etc.

Télégr. : TRUDAINE 32-26
Télégr. : FRIGOR-PARIS

MARCEL CADIOT

Fils et Succr de E.-H. CADIOT et Cie

31, Rue de Maubeuge
PARIS-9e



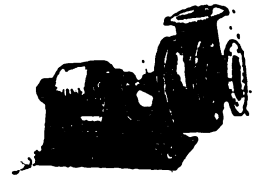
ACHAT - VENTE - LOCATION

MOTEURS — DYNAMOS — MOTOS-POMPES

GROUPES ÉLECTROGÈNES à vapeur, à essence, à gaz.

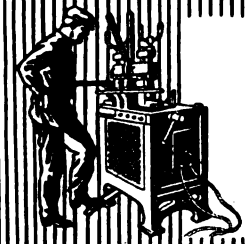
Machines à vapeur. ½ fixes. Locomobiles et fixes.

plus de 1500 machines neuves et d'occasion
en magasin prêtes à livrer.



P. BOUILLET

156, 158, Rue de Vanves, PARIS (XIVe)
Téléph. SAXE 35-65, 24-06



Nous avons construit des machines à souder de toutes puissances résolvant les problèmes les plus divers; plus de mille de nos machines sont actuellement en service et reconnues indispensables dans toutes les industries : quincaillerie, serrurerie, tôlerie, articles de ménage, automobile bougies d'allumage, roues, cercles, jantes, machines agricoles, bouclerie, coutellerie, ateliers d'outillage, entreprises de ciment armé, etc.

Nous avons certainement des références dans votre Région ou votre spécialité.
Demandez-nous des renseignements sur votre cas particulier.

40, BOULEVARD AUGUSTE-BLANQUI, PARIS — Tél. : Gobelins 42-82

LA SOUDURE ELECTRIQUE

J. E. LANGUEPIN

Publicité MESTRE, 14, Bd Montmartre, PARIS

Digitized by Google

BOMBLED

CONSTRUCTEURS MECANICIENS
94, Rue de Montreuil, PARIS (XIe)
Téléph. Roquette 18-85

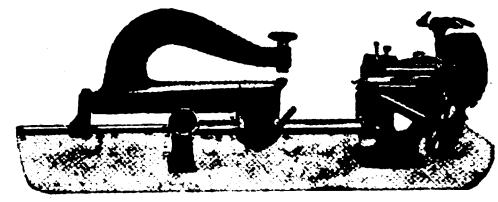
MACHINES SPÉCIALES pour le TRAVAIL de la TOLE

CISAILLES DROITES et CISAILLES CIRCULAIRES

Machines à dresser les tôles

LAMINOIR A ÉBAVURER — BANCS A ETIRER

LAMES DE CISAILLES etc...



CISAILLE CIRCULAIRE
pour disques jusqu'à 2 m

FILS ISOLÉS à la SOIE
pour bobinage
d'APPAREILS de PRÉCISION

MANUFACTURE PARISIENNE
DE

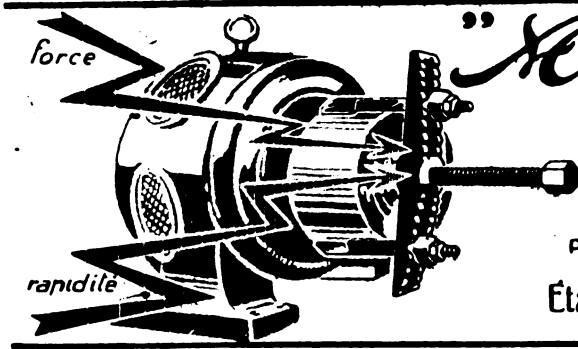
FILS ISOLÉS au COTON
pour bobinage
de DYNAMOS

FILS ET CABLES

CABLES sous TRESSE
pour
AUTOMOBILES

ÉLECTRIQUES
49, Rue Fessart, PARIS (XIXe)
Téléphone : Nord 67-07

Cables et Cordons souples
pour
TÉLÉPHONES



"Arrachepoulie"
Déposée

Enlève en quelques minutes
toutes poulies de dimensions courantes.
Indispensable à toute exploitation actionnée
par moteurs : Mines Usines. Ateliers. etc. etc.

Établissements DE RIGHETTI & Cie : 180, B^d Lefèbvre
PARIS . Téléph Saxe 68-16

PAUL BACHELET

MATÉRIEL ÉLECTRIQUE
MOTEURS·VENTILATEURS·PERCEUSES·MEULES
TRIEURS, PLATEAUX, EMBRAYAGES MAGNÉTIQUES
FOURS ÉLECTRIQUES
PALANS & MONORAILS ÉLECTRIQUES
ÉLECTROS-AIMANTS. ÉLECTROS-FREINS. CONTROLEURS. TROLLEYS
DÉMARREURS AUTOMATIQUES. COMMANDE A DISTANCE
APPAREILLAGE SOUS BOITE FONTE

60 TER rue Haxo. Paris XXe TEL ROQ 52-23

Digitized by Google

COMPAGNIE GÉNÉRALE de TÉLÉGRAPHIE et de TÉLÉPHONIE

(Précédemment : *Compagnie générale de Radiotélégraphie*)

Société anonyme au capital de cinq millions de francs

Rue des Usines, PARIS (15e) — Téléph. : Saxe { 09-91 / 58-15

Fournisseur des Ministères des Postes et des Télégraphes, de la Guerre, de la Marine, des Colonies et de divers Gouvernements étrangers

TÉLÉPHONIE AUTOMATIQUE A RELAIS

par simples contacts supprimant toute transmission mécanique

MATÉRIEL TÉLÉPHONIQUE

pour réseaux publics et privés

APPAREILS D'INTERCOMMUNICATION

Système breveté S. G. D. G.

SEUL ASSURANT LE SECRET DES CONVERSATIONS

APPAREILS TÉLÉGRAPHIQUES

Systèmes BAUDOT, HUGHES, etc.

SERVICE D'INSTALLATIONS TÉLÉPHONIQUES

5, Avenue Daniel-Lesueur, PARIS (7e) — *Tél. : Saxe 73-53*

SIÈGE SOCIAL
26, Rue Lafitte,
PARIS (IXe)

UNIS-FRANCE

Téléphone
Gutenberg { 16.28 / 16.27

SOCIÉTÉ ANONYME

POUR LE

TRAVAIL ÉLECTRIQUE DES MÉTAUX

Capital : 1000000 francs

ACCUMULATEURS TEM

POUR TOUTES APPLICATIONS

TRANSFORMATEURS

CABINES HAUTE TENSION

USINES :

SAINT-OUEN (Seine) : 4, quai de Seine.

Fournisseur des Ministères de la Guerre, des P.T.T.,

des Travaux publics, des Compagnies de Ch. de Fer, etc. etc.

HUILES et GRAISSES INDUSTRIELLES

Huiles spéciales pour transformateurs haute et basse tension, pour disjoncteurs et interrupteurs.

Toutes nos huiles sont traitées par les procédés les plus modernes dans l'usine modèle que nous possédons à Gentilly (Seine)

A. VILLENEUVE

47-49, Boulevard Saint-Jacques, PARIS

Téléphone : Gobelins { 24-25 / 48-84

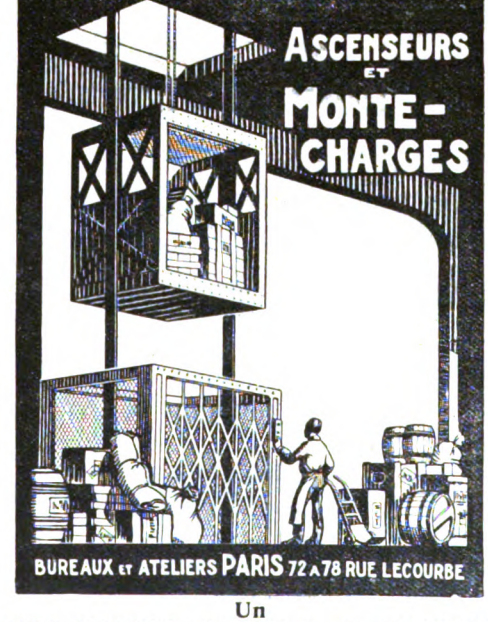
USINE À GENTILLY (SEINE)

c-a-m

BÉLIERS ET MACHINES HYDRAULIQUES

EDOUX-SAMAIN

Société anonyme au capital de 6.500.000 fr.



COMPTEURS D'ALIMENTATION DE CHAUDIÈRES

Un MONTE-CHARGE d'industrie EDOUX-SAMAIN c'est à BON MARCHÉ un matériel de GRANDE MARQUE

Digitized by Google

ACHETEZ directement en FRANCE vos POTEAUX aux PRODUCTEURS

Les Poteaux BIAL sont entièrement traités dans nos Exploitations, chantiers et usines. Ils sont imprégnés en Vase clos, par le Vide et la Pression.

Nous vous les fournirons
aux CONDITIONS les plus AVANTAGEUSES
par TOUTES QUANTITÉS et
en TOUTES DIMENSIONS
qui vous seront nécessaires +
SPÉCIALITÉ DE GROS DIAMÈTRES
RENSEIGNEMENTS SUR DEMANDE

Les Bois Industriels d'Alsace et de Lorraine

Etablissements FRANÇOIS WEIMERSKIRCH
FONDÉS EN 1898
Grumes, Traverses, Bois de mine et de Construction, Manches d'Outils
Planches, Madriers, Parquets, Lattes etc.-Tous sciages.
USINES, CHANTIERS, BUREAUX, FLORANGE (Mos.)
Adresser la CORRESPONDANCE: BOITE POSTALE 8, METZ

MARBRES
Blanc de Carrare et Bleu Turquin
pour toutes applications électriques

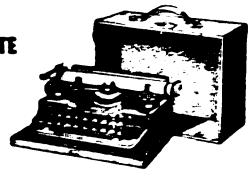
ÉTABLISSEMENTS
LOUIS FEUGIER
SAULT-BRÉNAZ (Ain)
SUCCURSALE : MASSA CARRARA (ITALIE)

Adresse télégraphique FEUGIER SAULT-BRÉNAZ (Ain)
Téléphone N° 2

INGÉNIEURS !
MONTEURS !
HOMMES d'AFFAIRES !

La MACHINE à ÉCRIRE
"UNDERWOOD PORTABLE"
Pour la Correspondance Personnelle
est
INDISPENSABLE
en Voyage
au Bureau - Chez Soi

SOLIDE - COMPACTE
Minimum de Poids



ÉLÉGANTE - LÉGÈRE
Maximum de Service

NON PLIANTE

Notice D franco
JOHN UNDERWOOD & Cie
36, Bd des Italiens, PARIS

SOCIÉTÉ GÉNÉRALE
DES CONDENSATEURS ÉLECTRIQUES
73, rue N.-D. des Champs, PARIS (6e)

PROTECTION DES RÉSEAUX

Paratoudre basse tension type P E.M.
pour courant alternatif

Tél. : Fleurus 11-45 Adr. télégr. : Condensator-Paris

Digitized by Google

PETITES ANNONCES

SOCIÉTÉS

Convocations

10 juillet. — Société anonyme de Construction de Démarreurs et Interrupteurs, Assemblée générale extraordinaire, 20, rue du Télégraphe, Paris (20e).

10 juillet. — Compagnie hellénique d'Électricité, Assemblée générale ordinaire du 9-22 juin, remise au 27 juin, Athènes (Grèce).

10 juillet. — Société des Porcelaines et Appareillages électriques Grammont, Assemblée générale ordinaire, 10, rue d'Uzès, Paris (2e).

12 juillet. — Société l'Equipement électrique, Assemblées générales ordinaire et extraordinaire, 17, rue du Débarcadère, Paris (17e).

18 juillet. — Omnium régional d'Électricité, Assemblée générale ordinaire, 41, boulevard Haussmann, Paris (9e).

? juillet. — Compagnie de Signaux et d'Entreprises électriques, Assemblée générale ordinaire, 6, rue Caroline, Paris (17e).

21 juillet. — Compagnie générale d'Electricité de Lourenço-Marcès, Assemblée générale ordinaire, 106, boulevard Haussmann, Paris (8e).

25 juillet. — Compagnie d'Electricité de l'Ouest parisien « Ouest-Lumière », Assemblée générale extraordinaire, 8, rue Jean-Goujon, Paris (8e).

26 juillet. — Société française Radio-électrique, Assemblée générale extraordinaire, 79, boulevard Haussmann, Paris (8e).

AVIS DE CONCOURS

Ville d'Elbeuf (Seine-Inférieure). — **Distribution d'électricité, travaux d'amélioration.** — *Mise au concours d'un projet.* — Il est mis au concours par la ville d'Elbeuf le projet de modification d'une partie du réseau à courant continu en courant alternatif triphasé.

Le Conseil municipal appréciera les projets d'après leur valeur intrinsèque et d'après le prix demandé.

Le dépôt des projets devra être fait le 31 juillet au plus tard.

S'adresser pour le programme détaillé du concours et pour tous renseignements à la Mairie d'Elbeuf (bureau de l'Ingénieur).

ADJUDICATIONS

Adjudications au Brésil.

A. — *Pour le compte de l'Etat* :

1° **1 800 tonnes de ciment Portland;**

2° **Quatre millions de mètres cubes à draguer**, dans la lagune et les rives pour une valeur de 6 400 contos de reis, soit environ dix millions de francs;

3° **Fourniture de 30 bouées métalliques** de dimensions diverses;

4° **Fourniture de lubrifiants, explosifs, combustible, bois, matériel électrique**, pour le compte de la Direction des Services fluviaux et du Service géologique (tranche du premier semestre).

B. — *Pour le compte des Municipalités* :

Municipalité de Porto-Alègre (chiffres approximatifs, adjudication non encore publiée) : **Environ 70 000 mètres de tuyaux de fonte de 5 à 35 cm pour l'adduction d'eau potable** dans un des quartiers les plus populeux de la ville, représentant une valeur d'à peu près quatre millions et demi de francs.

Municipalité de Bento Gonçalves : **Utilisation du potentiel hydraulique de la rivière et construction d'une usine électrique.**

Municipalités de S. Sébastien de Cary et de Santiago de Boqueirao : **Installation de l'éclairage électrique de ces deux petites villes et fourniture de dynamos, moteurs, etc.**

A. **Exploitation des mines de charbon de Gravatahy en régie directe par l'État.** A peine commencés, ces travaux doivent être poursuivis activement. Bien que les gisements soient situés à peu de profondeur, la fourniture de matériel de forage, de sondage et de traction ne laissera pas que d'être très importante.

B. **Amélioration du réseau récemment racheté par le Gouvernement fédéral et affermé à l'état de Rio Grande.** Les fournitures de matériel envisagé comprennent : **un millier de kilomètres de rails, 25 locomotives, 300 wagons-trucs, matériel de réparation, matériel électrique** pour le service de la traction, **appareils électriques** pour le matériel roulant, **matériel et pièces séparées** pour moteurs et pour installations électriques de Sainte-Marie et Rio Grande, fourniture de **300 000 à 400 000 traverses**, etc. Matériel divers pour la voie et pour les bureaux.

VENTES ET ACHATS

DE FONDS DE COMMERCE

Maison d'électricité en Normandie au centre d'une riche petite ville. Bénéfice net 20 000 fr en progrès constant. Prix : 25 000 fr. Loyer 300 fr pour magasin, atelier, dépendances et logement de 4 pièces au 1er étage. Bail, 5 ans renouvelable.

S'adresser à M. François, 6, boulevard Montmartre, Paris (9e).

Maison d'électricité à Paris. Très riche clientèle. Bénéfice net 75 000 fr. Loyer : 2 000 fr. Bail, 12 ans. Prix : 125 000 fr, moitié comptant.

S'adresser à M. François, 6, boulevard Montmartre, Paris (9e).

Maison d'électricité en Normandie, belle installation. Bénéfice net, 35 000 fr. Prix : 45 000 fr. Loyer 600 fr pour superbes magasins, atelier, dépendances et bel appartement. Bail, 8 ans.

S'adresser à M. François, 6, boulevard Montmartre, Paris (9e).

Maison d'électricité en Savoie. Bénéfice net, 30 000 fr. Prix : 65 000 fr. Loyer, 3 000 fr pour magasin, bureau, atelier et bel appartement. Bail, 12 ans.

S'adresser à M. François, 6, boulevard Montmartre, Paris (9e).

Secteur électrique en Normandie, moteur à gaz 35 ch. Concession, 20 ans. Recettes par an : 18 000 fr en progression. Prix : 50 000 fr, y compris usine et habitation. Moitié comptant.

S'adresser à M. François, 6, boulevard Montmartre, Paris (9e).

MATÉRIEL

A VENDRE :

Volt-wattmètre Carpentier avec 4 bob. de champ, 1 bob. voltmétrique, boite de transport, état neuf.

S'adresser : « Entreprises Robin », 85, rue de Maubeuge, Paris (9e). — Téléph. : Trudaine 06-61.

LIBRAIRIE

On achèterait numéro 1268 du 15 janvier 1921 de « *L'Electricien* » contenant les tables des tomes 50 et 51.

S'adresser à la *R.G.E.*

DIVERS

6415. L'Office national du Commerce extérieur se propose de faire éditer un **rapport** extrêmement intéressant sur l'**Australie**, rédigé par les agents consulaires de Sidney et de Melbourne, et qui comprendra 200 grandes pages dactylographiées, au prix de 6.50 fr environ l'exemplaire.

Les souscriptions sont reçues au Syndicat professionnel des Industries électriques, 9, rue d'Edimbourg, Paris (8e).

6454. Importante maison de Madrid demande **catalogues**, prospectus et conditions de vente pour tous appareils électriques.

Pour tous renseignements, s'adresser au Syndicat professionnel des Industries électriques, 9, rue d'Edimbourg, Paris (8e).

OFFRES D'EMPLOIS

On demande **dessinateur d'études** pour appareils de mesure électriques.

S'adresser à la *R.G.E.* qui transmettra..... [928]

Digitized by Google

G. PONTILLE

Constructeur Bté S.G.D.G.

13, rue des Tournelles, **LYON**

MONTE-CHARGES

ASCENSEURS

GRUES - TREUILS

PONTS-ROULANTS

Elévateurs-Transporteurs

Catalogues, Devis, Franco.

EN VENTE A LA «R. G. E.»

L'ALUMINIUM

DANS

L'INDUSTRIE ÉLECTRIQUE

Rapports de la XVe Commission

de

l'Union des Syndicats de l'Électricité

Prix..... **10 fr.**

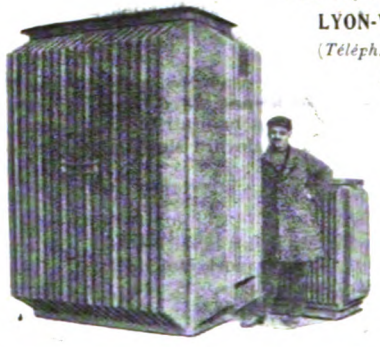
CUVES POUR TRANSFORMATEURS

ATELIERS DU RHONE

58 à 62, r Jean-Claude Vivant

LYON-VILLEURBANNE

(Téléph. : Vaudrey 29-74)



CUVES

ONDULÉES

ou LISSES

garanties étanches

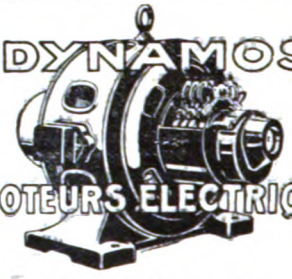
ESSAIS

à l'huile chaude

avant expédition

EXÉCUTION RAPIDE

TÉL. DIR. 09-40 09-41



TÉL. DIR. 09-40 09-41

Établts DORY & GAIN

SOCIÉTÉ ANONYME AU CAPITAL DE 600 000 FRANCS

SIÈGE SOCIAL, BUREAUX et ATELIERS :

33 à 39, Rue du Pont-d'Ivry, ALFORTVILLE (Seine)

Installations complètes de force et de lumière

RÉPARATION — LOCATION — TRANSFORMATIONS

MAISON A LILLE, 16, rue du Magasin. — Tél. 29-68

CABLES ET FILS ISOLÉS

Joseph JARRIANT, 233, rue de la Croix-Nivert, PARIS (XVe)

Maison fondée en 1860 — TÉLÉPH. : SÉGUR 17-96 — NORD-SUD : PORTE DE VERSAILLES

Spécialité de câbles RONDS et PROFILÉS pour DYNAMOS et MOTEURS

BREVETS — MARQUES — MODÈLES

Cabinet Ch. MARDELET -:- **P. DEGROOTE,** Ingr E.C.P., Conseil en Matière de Propriété Industrielle

Téléphone : Trudaine 25-80 — 109, Rue et Place Lafayette. — PARIS-10e

Digitized by Google

L'Association Amicale des Anciens Élèves
de l'ÉCOLE d'ÉLECTRICITÉ BRÉGUET
81-83, Rue Falguière, PARIS (XVe) — Tél. : Saxe 36-39
Se tient à la disposition de MM. les Industriels qui voudront bien s'adresser à elle pour leur présenter des Anciens Élèves dont ils pourraient avoir besoin pour leurs différents services d'ÉTUDES, de CONSTRUCTION, d'EXPLOITATION ou COMMERCIAL.

Importante société productrice poteaux télégraphiques et traverses chemins de fer recherche chef de service commercial muni d'excellentes références, au courant de la partie et bien relationné dans sociétés d'entreprises, sociétés de distribution d'électricité et compagnies chemins de fer.
Ecrire à la *R. G. E.* qui transmettra ..... [929]

DEMANDES D'EMPLOIS

Jeune électrotechnicien, connaissances en mécanique, cherche emploi, pour se perfectionner, prétentions modestes. Diplômes, certificats.
Otto C. Mestra, Manège 3, Neuchâtel (Suisse).

Contremaître électricien, disposant capitaux, très capable, au courant installations intérieures et forces motrices tous genres, lignes aériennes, postes transformation haute et basse tension, etc..., cherche emploi intéressé.
Ecrire à la *R.G.E.* qui transmettra ..... [892]

Contremaître électricien, 38 ans, très au courant installations intérieures tous genres, réseaux et postes transformation haute et basse tension, nombreuses et fortes notions techniques, forces motrices tous genres, plus 20 années pratique, très au courant service exploitation, références premier ordre, cherche situation.
Ecrire à la *R. G. E.* qui transmettra ..... [893]

Ingénieur I. E. G., 26 ans, parlant couramment anglais technique et espagnol, cherche situation active tout pays.
Ecrire à la *R. G. E.* qui transmettra ..... [894]

Ingénieur mécanicien électricien, 36 ans, actuellement chef de centrale électrique, très au courant montage centrales thermiques, réseaux et exploitations, cherche direction centrale ou montage important en France ou Etranger. Références sérieuses.
Ecrire à la *R. G. E.* qui transmettra ..... [897]

Jeune homme, 24 ans, très sérieux, licencié en droit, diplômé de l'Ecole des Hautes Etudes commerciales, cherche situation dans partie commerciale contentieux, assurances ou comptabilité d'une Société industrielle.
Ecrire à la *R. G. E.* qui transmettra ..... [898]

6471. Maison anglaise désire connaître les noms et adresses de fabricants français d'aimants permanents.
Pour tous renseignements, s'adresser au Syndicat professionnel des Industries électriques, 9, rue d'Edimbourg, Paris (8e).

SOCIÉTÉ DES ÉTABLISSEMENTS
VARRET & COLLOT
CONDENSATEURS
pour
la Téléphonie
la TSF
les Appareils médicaux
les Laboratoires scientifiques
la Protection des Réseaux
Bureaux et Ateliers : 7, r. d'Hautpoul, PARIS-19e. Tél. : NORD 68-73

USINE CÉRAMIQUE
D'AMBAZAC, près LIMOGES (H.-V.)
PORCELAINE pour l'ÉLECTRICITÉ H. et B. Ton
Poulies, Manchons, Prises de courant, Interrupteurs, Accordéons, Isolateurs, Passe fils, etc.
TOUS MODÈLES SPÉCIAUX SUR DEMANDE
SPÉCIALITÉ D'ISOLANTS STEATITE
pour BOUGIES d'Allumage

MICA DES INDES
Importé directement de la mine
et livré en caisses d'origine.
PLAQUES & SPLITTINGS
PAR TOUTES QUANTITÉS ET EN TOUTES DIMENSIONS
Prix et Echantillons sur demande.
A. VALDELIÈVRE & G. MAITRE
11, rue d'Hauteville, PARIS (10e) — Tél. Bergère 54-77

CARTONNERIES DES MARAIS
ARISTIDE GUICHARD
JALLIEU-BOURGOIN (Isère)
SPÉCIALITÉ DE CARTONS "PRESSPAHN"
A GRANDE RÉSISTANCE DIÉLECTRIQUE
Fournisseur des principales firmes
de constructions électriques de France
Agent général pour Paris et le département de la Seine :
M. GEORGES GERARD
30, avenue Gambetta, PARIS (20e) — Tél. Roq. 84-56

POTEAUX BOIS (au sulfate cuivre)
SPÉCIALITÉ de GROS DIAMÈTRES
Chantier d'injection à JARMÉNIL (Vosges), agréé par P.T.T. et Cie de l'Est
Paul JACQMIN, 111, rue du Crosne, NANCY

Rechargez vos ACCUMULATEURS
sur les COURANTS ALTERNATIFS
avec la Soupape SOULIER
SIMPLE — ÉCONOMIQUE — SANS ENTRETIEN
7, rue de la Gare, ARCUEIL (Seine) — Tél. 53

Digitized by Google

La marque "Unis-France" est la garantie sévèrement contrôlée de l'origine française d'un produit.

La marque **UNIS-FRANCE**, *insérée dans une annonce, indique que le fabricant a été autorisé à l'appliquer sur certains de ses produits dont l'*origine française *est ainsi certifiée.*

La rédaction de la **R.G.E.** *décline toute responsabilité quant à la teneur des annonces.*

INDEX DES ANNONCES

Appareillage électrique Grivolas... L
Ateliers de Constructions électriques de Boulogne-sur-Seine..... XLVII
Ateliers de Constr. électr. de Delle. XI
Ateliers de Constructions électriques de Lyon et du Dauphiné..... XVII
Ateliers du Rhône..... LXXX

Bachelet..... LXXVI
Barrages automatiques..... LXXI
Bell..... LXVIII
Bombled..... LXXVI
Bouillet..... LXXV
Bréguet..... LX
Bucourt..... LVII

Cadiot..... LXXV
Carbone (Le)..... LXIX
Carpentier..... XLIV
Catu..... LXIV
C. G. S..... LXXIV
Chauvin et Arnoux..... LXXII
Cheveau..... XXX
Cie d'Applications mécaniques..... LI
Cie de Construction électrique..... XLII
Cie électro-mécanique..... IX
Cie franç. des Charbons pr l'Électr. LXVI
Cie générale des Câbles de Lyon... LXXXIII
Cie générale d'Electricité..... II
Cie générale électrique de Nancy.. III
Cie générale d'électro-céramique... LXXXIV
Cie gén. d'Entreprises électriques.. LXXVII
Cie générale de Télégraphie et de Téléphonie..... LXXVII
Cie pour la Fabr. des Compteurs et Matériel d'usines à gaz..... XX
Cie Lorraine de Charbons, Lampes et Appareillages électriques..... LIV
Comptoir industriel d'Étirage et de Profilage des Métaux..... LXXIV
Couffinhal..... LXV

Danon et Cie..... LIV
Dauphinoise (La) électrique..... LVIII
Degroote (P.)..... LXXX
Delafon..... LXXV
Delaunay Belleville..... XLVI
Démoly et Martinot..... LIX
Desaulty..... XXVI LXVII
Desgouttes (P.) et Cie..... XII
Dinin..... XXXII
Dory et Gain..... LXXX

Edoux-Samain..... LXXVII
Efgé..... LV
Ernault..... LX

Fabrique de porcelaines de Fuisseaux..... LIX
Ferrière et Berchtold..... LI
Feugier..... LXXVIII
Fil (Le) Dynamo..... LII
Forges et ateliers de constructions électriques de Jeumont..... IV

Gadot..... LXX
Gaiffe-Gallot et Pilon..... XXXIV
Gallant..... LXV
Gardy..... XIX
Garnier..... XLV
Grammont..... XVI
Guichard..... LXXXI

Haefely et Cie..... XXII
Herlicq..... LXI
Hopkinson et Co..... LVIII
Hotchkiss et Cie..... XLIV
Hughes Bolckow et Co Ltd..... XLIX

Isolants du Rhône..... LXXII

Jacqmin..... LXXXI
Japy..... X
Jarriant (Joseph)..... LXXX

Kater et Ankersmit..... LVII

Languepin..... LXXV
Larnaude..... LXXIII
Legendre frères..... LXVII
Leroyer..... LXVI

Manufacture Parisienne de fils et câbles électriques..... LXXVI
Marshall..... LXXXIII
Matabon..... LXVIII
Mercier..... XXIV
Merlin et Gerin..... XIV
Messmer..... LVI
Micafil S. A..... LIII
Moteur (Le) électrique..... LXIV

Oerlikon..... XLV

Parvillée frères et Cie..... LVI
Piel et Lièvre..... LXVIII
Pirelli..... XII
Pontille..... LXXX
Prache et Bouillon..... XLII

Richard (Jules)..... LI
Righetti..... LXXVI
Roulland (Adolphe)..... LXXIII
Roullet..... XV

Sautter-Harlé..... XLIII
Schneider..... V
Seghers..... LXVIII
Ste Alsacienne de Constr. mécan.. VIII
Ste Anouyme des condensateurs de Trévoux..... LXXI
Ste Electrique de Nancy..... XXI
Ste d'Applications et de fabrications industrielles..... LXII
Ste de construction d'appareils de levage..... XXXVI
Ste de Construction électrique..... XXXV
Ste d'Éclairage, Chauffage, Force motrice..... LXX
Ste des Électrodes de Savoie..... XLIII
Ste d'Électrométallurgie de Dives.. LXXIV
Ste d'Exploitation et de Traitement des bois..... LXVII
Ste française des Constructions Babcock et Wilcox..... XXXVIII
Ste des grands réseaux électriques. XXXI
Ste française Radio-électrique..... XXXIX
Ste gle des Condensateurs électr... LXXVIII
Ste générale d'Entreprises..... XVIII
Ste Gramme..... LXIX
Ste Hydro-mécanique..... LXI
Ste industrielle pour la Fabrication d'Appareils de mesure..... LV
Ste de Mécanique rotative..... LXX
Ste des Moteurs Chaléassière..... XXIII
Ste de moteurs à gaz et d'industrie mécanique..... LXXIV
Ste Parisienne pour l'Industrie des chemins de fer et tramways électr. XL
Ste de Produits métallurgiques..... LV
Ste Rateau..... XXVIII
Ste Savoisienne de constructions électriques..... XXIX
Ste pr le Travail électr. des Métaux LXXVII
Ste d'Usinage de matériel électrique. XLVIII
Soleil..... LXXIII
Soulier..... LXXXI

Teisset-Rose-Brault..... XXV
Thomson-Houston..... VI VII
Torche (P.)..... LXXI
Transformateur (Le)..... XIII
Transporteurs Simplex..... LXVI
Tudor..... LXIX

Undervood..... LXXVII
Usine céramique d'Ambazac..... LXXXI
Usines diélectriques Delle..... XXXIII

Valdelièvre (A.) et Maitre (G.)..... LXXXI
Varret et Collot..... LXXXI
Villeneuve..... LXXVII

Weimerskirch..... LXXVIII
Worthington..... XXXVII

Zivy..... LXXII

Petites annonces..... LXXIX

Digitized by Google

REVUE GÉNÉRALE DE L'ÉLECTRICITÉ

Organe de l'Union des Syndicats de l'Électricité

réunissant

LA REVUE ÉLECTRIQUE 1904-1916 — LA LUMIÈRE ÉLECTRIQUE 1879-1916

DIRECTEUR : J. BLONDIN, Agrégé de l'Université.

6e ANNÉE. — TOME XII. — N° 1. — 8 JUILLET 1922.

Chronique. — Nécrologie : J. Fischer-Hinnen. — Union des Syndicats de l'Electricité. — Bibliographies : Annuaire du Ministère des Travaux publics, année 1922; « The Electrician » Annual Tables of Electricity Undertaking, 1922; Essais des machines électriques, par C.-F. GUILBERT; Analogies mécaniques de l'électricité, par J.-B. POMEY; Traité théorique et pratique des règles à calcul Béghin, par A. BÉGHIN; Lexique technique anglais-français, par G. MALGORN, p. 1-4.

Section scientifique et technique. — Nomogrammes pour les calculs mécaniques des lignes aériennes de transmission d'énergie électrique, par A. JOITEL, p. 5. — Revues, analyses et informations : Théorie mathématique de la force électromotrice d'induction produite par la magnéto à haute tension, p. 14.

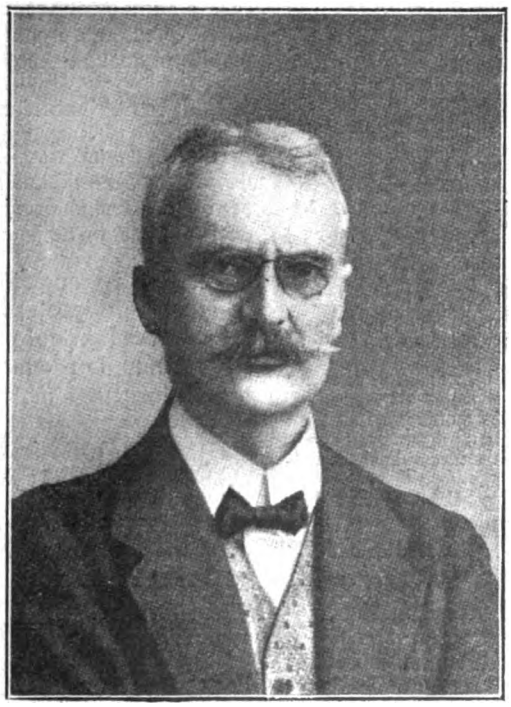
Section industrielle. — La commande électrique des grands postes d'aiguilles et signaux de chemins de fer, la cabine « Aster » de Pontoise, par Lucien A-H. PAHIN, p. 23. — Revues, analyses et informations : Sur certaines méthodes s'écartant de la pratique classique en fait de parafoudres, p. 31; Une grande station centrale utilisant exclusivement le charbon pulvérisé, p. 32; Montage pour les essais de démarrage des moteurs, p. 34.

Section économique et financière. — Assemblées générales : Compagnie générale parisienne de Tramways, p. 35; Compagnie générale de Travaux d'Eclairage et de Force, anciens Etablissements Clémançon, p. 36.

Section de législation. — Fonctions publiques et participations financières, le projet de loi Joseph Barthélemy sur les incompatibilités parlementaires, par FERNAND-JACK, p 37. — Législation, jurisprudence, règlementation : Sur la présentation des livres de comptabilité en vue de l'établissement de la taxe sur le chiffre d'affaires, p. 40; Sur l'impôt sur les affaires conclues avant le 1er avril 1921, p. 40.

Nécrologie : J. Fisher-Hinnen. — Le 13 janvier 1922, J. Fisher-Hinnen, professeur d'électrotechnique et directeur de l'Institut électrotechnique du Technikum de Winterthur, a été emporté par une mort foudroyante à l'âge de cinquante-trois ans. Il était né en 1869, à Zurich où son père remplissait une fonction municipale; en 1888, il terminait ses études au Technikum de Winterthur et entrait presque aussitôt à la Maschinenfabrik Oerlikon qui venait de fonder une section électrotechnique; il demeura attaché à cette maison jusqu'en 1895, avec une interruption de quelques mois qui furent consacrés à un voyage en Espagne et aux Etats-Unis où il visita principalement l'Exposition de Chicago.

Après ce premier stage au pays natal, Fisher-Hinnen entreprit une tournée à l'étranger; il fut successivement ingénieur chez Farcot à Paris; chez Krizik, à Prague et à la société Vereinigten Elektrizitäts-Aktiengesellschaft, de Vienne. Dans tous ces milieux, il avait su s'attirer la sympathie de tous ceux qui l'employaient, et de tous ceux qui l'approchaient par sa modestie et l'aménité de ses relations, car il éprouvait un véritable plaisir à mettre sa haute culture scientifique à la disposition de ses contemporains.



J. FISHER-HINNEN

1869-1922

En 1905, Fisher-Hinnen reprit ses fonctions à la Maschinenfabrik Oerlikon où il se consacra spécialement à la construction des petits moteurs électriques. En 1914, il fut appelé à prendre la chaire de professeur d'électrotechnique au Technikum de Winterthur, où il succéda au regretté Gustave Weber. Il semble bien que c'était le poste qu'ambitionnait Fisher-Hinnen comme couronnement de sa carrière, car, concurremment avec cette préparation technique dans les ateliers dont nous avons parlé, il poursuivait ses études théoriques, connues par les nombreux articles (une cinquantaine environ) qu'il a publiés dans les journaux suisses et autres. Il a, pour ainsi dire, abordé tous les sujets de la technique électrique et il a, chaque fois, apporté à chacun d'eux ou une nouveauté, ou au moins, une contribution importante, dont les ingénieurs ont toujours su tirer parti.

En novembre 1891, presque en même temps que Swinburne, il signalait déjà le rôle important dévolu aux enroulements de com-

Digitized by Google

pensation et aux pôles auxiliaires et il semble bien établi que ces deux auteurs ignoraient le brevet Menges sur le même sujet et datant de 1883. Sa dernère publication a paru dans « Schweizerische Bauzeitung » des 14 et 21 janvier 1922 et traite « du mouvement pendulaire des alternateurs couplés en parallèle ». Nous indiquons ci-dessous quelques-uns de ses travaux qui ont été publiés par lui ou analysés dans les revues françaises (1).

Outre ces articles périodiques, Fisher-Hinnen, dont le labor improbus ne connaissait ni trêve, ni repos, avait fait paraître une petite brochure intitulée « De la pratique, pour la pratique » et dont le succès fut tel que sa cinquième édition, revue et augmentée, constitue un gros volume de 550 pages; mais l'œuvre maîtresse est son « Traité d'électrotechnique théorique et pratique » de 550 pages avec 330 figures, édité par Raunstein, à Zurich (2). Fisher-Hinnen en corrigeait les dernières épreuves quelques jours avant sa mort. Dans le domaine des mathématiques pures, il a trouvé quelques solutions intéressantes, notamment pour l'intégration des équations différentielles qui se rencontrent le plus souvent en électricité et en mécanique.

Tous ceux qui ont approché Fisher-Hinnen regretteront la disparition prématurée de ce savant ingénieur qui a mérité l'estime de ses contemporains autant par son affabilité que par sa science.

(1) Ces articles et analyses sont particulièrement abondants dans « L'Eclairage électrique » de 1894 à 1904; en voici la liste :
Solution graphique de quelques problèmes pratiques relatifs aux dynamos à courant continu, t. I, p. 72, 126 et 169;
Décalages et étincelles dans les dynamos à courant continu, t. IX, p. 114;
Sur une nouvelle méthode pour éviter les étincelles dans les dynamos, t. XIV, p. 208;
Les dynamos à courant continu, t. XVII, p. 420;
Théorie de la commutation dans les machines à courant continu, t. XX, p. 41 et 90;
Sur les enroulements des machines à courant continu. Sur la saturation des dents des induits, les étincelles au collecteur et les pertes par courants de Foucault et sur les enroulements à plusieurs bobines par encoche, t. XXVII, p. 146;
De l'influence de la chute de tension dans les alternateurs, t. XIII, p. 445;
Calcul de la chute de tension des alternateurs, t. XXI, p. 19;
Comparaison des systèmes diphasé et triphasé, t. XXI, p. 341;
Rhéostats de démarrage pour moteur shunt, t. XV, p. 94;
Calcul des moteurs asynchrones, t. XXV, p. 288 et 502;
Dispositif pour le démarrage des moteurs asynchrones triphasés, t. XXIV, p. 131;
Moteur à courant alternatif simple, sans balais et démarrant seul, t. XXIX, p. 5, 104, 431;
Sur les servomoteurs électriques, t. XVI, p. 525;
Un nouveau système de plomb fusible, t. XI, p. 308;
Méthode pour la détermination rapide des harmoniques, t. XXVIII, p. 422;

Dans « La Revue électrique » (1904-1916), nous relevons les les analyses suivantes :
Sur les accouplements centrifuges dans les moteurs à induit en court-circuit, t. XI, p. 447;
Sur le calcul prédéterminatif des moteurs monophasés à collecteur, t. XII, p. 86;
Pourquoi le courant électrique se propage-t-il à l'intérieur des conducteurs, t. XX, p. 564.

Enfin, dans la « Revue générale de l'Electricité » a été publié :
Sur les pertes supplémentaires dans le cuivre des machines à courant alternatif, t. II, p. 687;
Induction et capacité des lignes, t. V, p. 203.

Beaucoup d'autres travaux de J. Fischer Hinnen ont été signalés dans la « Littérature des Périodiques », de « La Revue électrique », ainsi que dans la « Documentation » de la « Revue générale de l'Electricité ».

(2) On en trouvera un compte rendu détaillé dans *Elektrotechnik und Maschinenbau*, 19 février 1922 t. XL, p. 93-96.

Union des Syndicats de l'Electricité. — Le dîner annuel de ce groupement a eu lieu le mercredi 28 juin, au Palais d'Orsay, sous la présidence de M. Le Trocquer, ministre des Travaux publics.

A la fin du dîner M. R. Legouëz, président de l'Union des Syndicats de l'Electricité, a prononcé un discours qui sera reproduit in extenso dans ces colonnes. Disons seulement que dans ce discours, M. Legouëz, après avoir demandé au ministre des Travaux publics son appui pour la réorganisation de l'Ecole supérieure d'Electricité a prié M. Le Trocquer de vouloir bien, en quelques mots, calmer les craintes légitimes des industriels français de l'électricité en leur précisant quelles sont ses intentions au sujet des réparations en nature que fournira l'Allemagne.

M. Le Trocquer, dans sa réponse, a fourni sur cette question des grands travaux à exécuter avec la participation allemande, les explications suivantes :

Votre président, dit en substance le ministre des Travaux publics, a très justement indiqué les difficultés financières qui rendent presque impossible la réalisation du programme des grands travaux nécessaires à la modernisation et à l'extension de notre outillage économique. Le gouvernement, conscient de ces difficultés et constatant, d'autre part, l'énorme effort fait outre-Rhin, à coup de milliards, pour le développement de l'outillage national, s'est préoccupé de prendre des mesures pour que la France puisse appliquer à de grands travaux d'utilité générale le matériel et la main-d'œuvre allemands, ainsi qu'elle en tient le droit du Traité et des accords ultérieurs.

En ce qui concerne les industries de l'électricité, particulièrement intéressées, les distributeurs semblent envisager sans crainte des travaux qui vont étendre leur champ d'activité. Quant aux producteurs de matériel électrique, ils ont manifesté quelque émotion.

Emotion injustifiée, affirme le ministre, qui ajoute:

Il n'est pas question de réduire la part de fournitures qui devait revenir à l'industrie nationale, dans la limite des disponibilités budgétaires normales. Mais il s'agit de réaliser en dix ans ce qui ne pourrait être fait qu'en trente ans.

Le ministre conclut en montrant la nécessité de hâter l'adoption du projet de la loi relatif à la jonction des grands réseaux, qui permettra d'équilibrer les sources irrégulières de production d'énergie électrique, comme les stations marémotrices.

Bibliographie : Annuaire du Ministère des Travaux publics. année 1922 (1). — Comme les précédents, cet annuaire donne d'abord de nombreux détails sur l'organisation et la constitution de l'Administration centrale des Travaux publics en France; des renseignements sur les Ecoles des Ponts et Chaussées et des Mines; la composition de tous les Comités ou Commissions qui relèvent du Ministère des Travaux publics, tels que : le Comité consultatif des Chemins de fer; le Comité consultatif de la Navigation intérieure et des Ports; les Commissions des Machines à vapeur et des Automobiles; la Commission des Inventions; la Commission des

(1) Un volume, format 22 cm × 14 cm, 898 pages, édité par A. Dumas, 6, rue de la Chaussée-d'Antin, Paris. Prix : 20 fr.

Digitized by Google

Chaux et Ciments ; la Commission des Distributions d'énergie électrique, etc.

On y trouve, ensuite, l'organisation des services des Ponts et Chaussées et des Mines, dans chaque département, y compris ceux faisant partie de l'Alsace et de la Lorraine, ainsi que la liste des agents affectés aux travaux de reconstitution dans les régions libérées.

La dernière partie comprend les tableaux du personnel du Ministère des Travaux publics classé par grade, par classe, et par ancienneté ; elle se termine par la liste des ingénieurs des Ponts et Chaussées et des Mines qui, occupant des situations dans les administrations et les sociétés privées, sont en congé, hors cadre ou en disponibilité.

Bibliographie. — « The Electrician » Annual Tables of Electricity Undertaking, 1922 (Tables annuelles des entreprises d'Electricité) (1). — La table A (p. 4-68) donne, classées par ordre alphabétique, les diverses villes et communes possédant une distribution d'énergie électrique ; pour chacune d'elles sont indiqués les renseignements suivants : population, date de l'installation, propriétaire, ingénieurs et directeurs de l'entreprise, nature du courant, tension de distribution, prix de vente de l'énergie. A la suite de ce tableau se trouve une liste des stations centrales et réseaux dont la description a été publiée dans « The Electrician » avec les références bibliographiques correspondantes.

La table B (p. 69-70) donne un classement par ordre alphabétique des petites stations génératrices, en fonctionnement ou à l'état de projet.

La table C (p. 71-78) fournit des renseignements techniques sur les installations générales des principales compagnies de distribution.

Les tables D, E, F et G (p. 79-121) fournissent pour les villes et communes des colonies anglaises et pour les principales villes de l'étranger les mêmes renseignements que ceux de la table A pour les villes métropolitaines.

Les tables H et I (p. 122-127) sont consacrées aux entreprises de traction électrique des colonies anglaises et à l'étranger.

Enfin quelques notes sont consacrées spécialement aux entreprises d'électricité de l'Argentine (p. 130) et du Chili (p. 131).

Bibliographie. — Essais des machines électriques, par C.-F. Guilbert, sous-directeur de l'Ecole supérieure d'Electricité (2). — Parmi tous les ouvrages publiés sur la pratique des essais de machine, nous ne pensons pas qu'il y en ait un présentant un ensemble aussi complet et un caractère aussi original que celui qui paraît dans l' « Encyclopédie d'Electricité industrielle ». Cet ouvrage réunit, en effet, les cours professés et les conférences faites depuis vingt ans à l'Ecole pratique d'Electricité industrielle et à l'Ecole supérieure d'Electricité depuis novembre 1914 ; l'auteur est, d'autre part, un des plus estimés et certainement un des plus anciens spécialistes en la matière.

Nous signalons dans l'ouvrage de M. Guilbert quelques points qui nous paraissent particulièrement intéressants :

L'auteur s'est attaché à faciliter la rapidité des essais. On remarque, en effet, que le temps accordé à chacun d'eux, est en général très restreint, soit parce que la machine neuve, arrivant aux essais, a presque toujours été retardée dans sa construction, soit parce que ces essais doivent être exécutés sur une machine en service, dont il ne convient pas de prolonger la période d'immobilisation. De là l'exposé de nombreuses méthodes de corrections imaginées et utilisées par l'auteur, pour obtenir des essais rapides et cependant d'une précision rigoureuse.

Les constructions graphiques et les diagrammes permettant la prédétermination des caractéristiqnes prennent, dans ce travail, une importance particulière. Par leur emploi, l'élève sait à l'avance la forme générale des courbes à obtenir, ce qui lui fait éviter bien des erreurs grossières. Pendant l'essai même, le tracé de ces représentations graphiques lui indique, bien mieux que les tableaux de chiffres, la concordance des résultats qu'il obtient. L'élève peut ainsi s'assurer par lui-même de la valeur de ces méthodes graphiques rendues de plus en plus nécessaires dans l'industrie.

Enfin l'auteur croit bon, devant la multiplicité des formules adoptées dans les cahiers des charges ou préconisées par divers électriciens pour l'expression du rendement des machines, d'insister sur cette question, de perfectionner quelques-unes des méthodes et de comparer ces diverses formules.

Les différents chapitres traitent des génératrices à courant continu, moteurs à courant continu, alternateurs et moteurs synchrones, transformateurs, moteurs à courant alternatif et commutatrices. Chacun d'eux est complété par un index bibliographique précieux pour le lecteur, signalant surtout les travaux modernes se rapportant au sujet traité

L'ouvrage se termine par des annexes d'une grande importance pratique se rapportant aux « Règles françaises d'unification du matériel électrique », à la « Normalisation des groupes électrogènes à turbines à vapeur », aux « Règles de normalisation des transformateurs ». Viennent ensuite les « Règles complémentaires d'unification concernant les machines électriques » et la « Comparaison des règles françaises et étrangères ». Un tableau de correction de pression et de température pour l'emploi du frein Renard termine ce traité. — B. E.

Bibliographie : Analogies mécaniques de l'électricité, par J.-B. Pomey, ingénieur en chef des Télégraphes (1). — Une image concrète des phénomènes électriques peut être d'un grand secours au physicien et à l'ingénieur. M. Pomey a été guidé, dans le choix des sujets à traiter, par le double souci de donner à ses lecteurs une vue générale et systématique des analogies mécaniques de l'électricité et une vue plus particulière des analogies mécaniques que présentent les phénomènes de la génération et de l'entretien des oscillations électriques.

L'auteur donne d'abord un aperçu précis de tentatives faites par Maxwell pour donner une explication mécanique des phénomènes électriques en partant des expériences de Faraday (chapitre I).

Il applique ensuite à un réseau complexe de conducteurs, pouvant comprendre à la fois des bobines et des condensateurs, le principe des vitesses virtuelles ; il interprète les équations de Kirchhoff en les comparant aux équations que fournit, en mécanique rationnelle, la théorie des percussions (chapitre II).

(1) Un volume, format 32 cm × 25 cm, 132 pages, édité par Electrician Offices, 8, Bouverie Street, Londres, E. C. 4. Prix : 10 shillings 9 pence.

(2) Un volume, format 23 cm × 16 cm, 560 pages, 275 fig. ; édité par J.-B. Baillère et fils, 19, rue Hautefeuille, Paris. Prix : broché, 45 fr.

(1) Un volume, format 25 cm × 16 cm xiv-152 pages, de la Bibliothèque des Annales des Postes, Télégraphes et Téléphones, édité par Gauthier-Villars et Cie, 55, quai des Grands-Augustins, Paris VIe. Prix : broché, net, 15 fr.

Digitized by Google

Dans le chapitre suivant, M. Pomey donne la théorie dynamique des sphères pulsantes de Bjerknes et étudie les actions qui s'exercent entre des conducteurs chargés placés en présence les uns des autres au sein d'un diélectrique.

Le chapitre IV est consacré aux petites oscillations et à l'identité de leur théorie avec celle des oscillations d'un système à liaison autour d'une position d'équilibre stable. L'auteur montre, en outre, l'analogie entre le coup de bélier et l'étincelle d'extra-courant.

Au chapitre V sont mises en relief les analogies des vibrations électriques d'une antenne avec les vibrations acoustiques d'une corde et avec les oscillations d'un fluide incompressible soumis, dans une conduite élastique, à un coup de bélier.

Le dernier chapitre est consacré à une étude approfondie de la lampe à trois électrodes et des oscillations qu'elle peut engendrer dans un circuit ; à l'occasion de l'entretien des oscillations, M. Pomey donne la description et la théorie de l'horloge Féry-Brillié. L'auteur apporte une addition importante aux récents travaux, sur la même question, de M. A. Blondel, membre de l'Institut, et de M. C. Gutton, professeur à la Faculté des Sciences de Nancy.

Dans la comparaison de deux phénomènes physiques, M. Pomey ne se borne pas strictement à l'étude des analogies que présentent ces phénomènes ; il montre, à l'occasion, les différences capitales présentées par ces mêmes phénomènes. Dans un de ses ouvrages, Henri Poincaré avait indiqué la nécessité de délimiter nettement les domaines des comparaisons, afin d'éviter des extensions des analogies qui pourraient conduire à des erreurs grossières et réduire à néant l'intérêt des comparaisons justifiées.

Les *Analogies mécaniques de l'Electricité* ont été le sujet des récentes conférences de M. Pomey à l'Ecole supérieure d'électricité. L'ouvrage que nous venons d'analyser s'adresse donc plus particulièrement aux ingénieurs électriciens. — J. R.

Bibliographie : Traité théorique et pratique des règles à calcul Béghin, par A. Béghin (7e édition) (1). — La règle à calcul qui fut d'abord un aide commode et rapide, tend de plus en plus à devenir indispensable au calculateur, surtout depuis que des perfectionnements ont été apportés pour obtenir une plus grande facilité de lecture et une approximation plus grande dans les résultats.

Il semble, en effet, que ces instruments sont à peu près arrivés, à l'heure actuelle, à une perfection de construction suffisante et à leur maximum d'utilisation par l'emploi d'échelles variées souvent très ingénieuses.

Parmi ces perfectionnements, il en est plusieurs qui, tout en étant intéressants théoriquement, ne sont pas d'une utilité pratique suffisante ; le résultat réel obtenu est une complication de la règle qui rend son maniement difficile.

L'auteur indique dans la préface qu'il a cherché à éviter cet écueil : « Renonçant à toutes échelles, même offrant quelque intérêt, mais *non indispensables*, j'ai voulu conserver la plus grande simplicité des dispositifs et des méthodes opératoires ». Ses efforts ont eu pour but d'obtenir une précision plus grande et de ramener à une opération unique beaucoup d'opérations subordonnées qui, dans les autres règles, nécessitent plusieurs manœuvres.

C'est ainsi que l'on obtient *par une seule opération la double multiplication et la double division*, ce que l'on ne peut obtenir avec les autres règles. C'est, au point de vue pratique, une amélioration considérable qui porte non seulement sur la rapidité des calculs, mais encore sur l'exactitude du résultat.

Après une description très détaillée de la règle et de ses différentes échelles, l'auteur indique les différentes manières d'effectuer les opérations diverses ; des figures très claires aident considérablement la compréhension du texte ; une notation particulière, expliquée au début du livre, simplifie beaucoup l'écriture et forme une aide précieuse pour le lecteur.

Les cas les plus divers sont étudiés avec méthode depuis les opérations élémentaires jusqu'à la résolution des triangles et à celle de l'équation du 2e degré.

Une deuxième partie de l'ouvrage traite des appplications numériques et comprend 132 problèmes différents résolus par le moyen de la règle Béghin ; ces exemples sont pris successivement en Arithmétique, Géométrie, Mécanique appliquée, Physique industrielle, Electricité industrielle, Chimie, Industrie textile, Trigonométrie et Navigation.

L'ouvrage se termine par quelques pages donnant les coefficients nécessaires pour effectuer, par le moyen de la règle, la conversion en unités de mesure différentes ainsi que quelques calculs spéciaux : résistance électrique, résistance mécanique, etc.

En résumé ce livre montre bien, surtout par les exemples qu'il contient, la simplification apportée dans les calculs par la règle trigonométrique spéciale et surtout l'économie considérable de temps qui résulte de son emploi. — B. E.

Bibliographie : Lexique technique anglais-français, par G. Malgorn, lieutenant de vaisseau, avec la collaboration de M. Desmarets (1). — Cet ouvrage qui a paru récemment constitue un des meilleurs dictionnaires techniques pour la langue anglaise, mis à notre disposition ; les ouvrages publiés jusqu'à ce jour étant plutôt des vocabulaires très incomplets donnant seulement le sens habituel des mots, mais dans lesquels on cherche vainement les acceptions plus complexes ou plus subtiles souvent rencontrées dans la lecture des ouvrages techniques anglais et américains. L'auteur, ayant justement eu besoin d'un tel dictionnaire pour des traductions techniques et ne l'ayant pas trouvé, s'est décidé à en rédiger un lui-même. Dans ce but, il a non seulement fait appel aux dictionnaires et vocabulaires existants, mais il s'est encore beaucoup servi des publications étrangères telles que « Engineering, Engineer, Electrical World, American Machinist, Motor-Age », ainsi que des catalogues industriels anglais ou américains.

On a abandonné pour ce nouveau lexique le format par trop réduit qui rend la manipulation difficile et qui, nécessitant l'emploi de caractères très fins, devient la cause, pour le travailleur qui s'en sert d'une façon suivie, d'une véritable fatigue visuelle. Il forme cependant un petit livre peu encombrant ; son texte très lisible et bien disposé permet une consultation très rapide.

Cet ouvrage a très heureusement été précédé d'une suite assez complète de tableaux de conversion d'unités anglaises et américaines en unités françaises. Il est rare, en effet, que l'on soit amené à faire une traduction technique dans la langue dont nous nous occupons ici, sans qu'il se présente, en même temps, une conversion d'unités. Ce complément paraît donc être d'une réelle utilité.

Nous pensons que ce petit livre est appelé à rendre de véritables services à tous les techniciens, ceux-ci étant presque toujours obligés de consulter pour leurs travaux, les ouvrages écrits en langue anglaise. — B. E.

(1) Un volume, format 24 cm × 16 cm, de x — 200 pages, 209 fig., dans le texte, 25 tab. et formules. Edité par Béranger, 15, rue des Saint-Pères, Paris. Prix : broché 8 fr.

(1) Un volume cartonné, format 20 cm × 13 cm, XXII-216 pages. Edité par Gauthier-Villars et Cie, 55, quai des Grands-Augustins, Paris. Prix : 10 fr.

Digitized by Google

SECTION SCIENTIFIQUE & TECHNIQUE

Nomogrammes pour les calculs mécaniques des lignes aériennes de transmission d'énergie électrique

Calcul des conducteurs

Dans un précédent article, l'auteur a rappelé le calcul mécanique des lignes de transmission d'énergie électrique et établi les formules s'y rapportant, afin de satisfaire aux conditions imposées par l'arrêté du ministre des Travaux publics, en date du 31 juillet 1921. Dans l'étude ci-après, l'auteur ramène ces calculs à l'établissement de nomogrammes à points alignés, dont l'utilisation permet de déterminer, sans difficultés, les caractéristiques mécaniques nécessaires pour la pose des conducteurs dans les conditions conformes à celles fixées par le règlement.

I. — Exécution pratique des calculs par monogrammes à points alignés.

Calculs des divers facteurs. — A. Calcul du coefficient de surcharge. — Nous avons établi dans un précédent article [1] les équations donnant ce coefficient dans divers cas de surcharge.

Ces équations ont servi à l'établissement d'un nomogramme à points alignés à échelles parallèles (nomogramme I).

Ce nomogramme se compose, en réalité, de plusieurs autres dont les échelles ont été juxtaposées par des artifices appropriés, et qui permettent de calculer le coefficient de surcharge pour les *fils de 7 à 40 mm²* de section et pour les *câbles de 7 à 200 mm² de section*. Il peut servir pour les conducteurs en *aluminium* aussi bien que pour les conducteurs en *cuivre*.

L'emploi du nomogramme est indiqué sur sa propre légende

B. Calcul de la tension de pose. — Après avoir calculé le coefficient de surcharge m dans l'hypothèse à envisager (hypothèse que l'on a pu au préalable déterminer en calculant la portée critique, ce qui n'est pas indispensable d'ailleurs, l'examen successif des deux hypothèses se faisant très rapidement), on résoud l'équation du changement de conditions après avoir pris comme *inconnue la tension de pose t*, et en supposant que, pour cette pose, le coefficient de surcharge est égal à l'unité.

Nous avons vu que cette équation s'écrit

$$t^3 + \left[\frac{l'm^2}{t_m^2}\cdot\frac{\delta^2 10^{-6}}{24\varepsilon} + \frac{\alpha}{\varepsilon}(\theta-\theta_1) - t_m\right]t^2 - \frac{\delta^2 10^{-6}}{24\varepsilon}\cdot l'^2 = 0;$$

elle n'est pas symétrique par rapport à t et t_m à cause précisément de l'hypothèse de l'absence de surcharge à la pose

L'équation précédente est résolue par l'emploi des nomogrammes II-A et II-B (pour le cuivre et pour l'aluminium). Ces nomogrammes sont à alignement multiple; ils possèdent plusieurs lignes de pivots et des échelles superposées.

L'emploi de ces nomogrammes est indiqué sur leur légende [1].

[1] Note sur les calculs mécaniques des lignes aériennes de transmission d'énergie électrique. *R. G. E.*, 1er juillet 1922, t. XI, p. 949-957.

[1] Les caractères de la légende du nomogramme II A étant très petits à cause de la réduction photographique, nous reproduisons ici cette explication.

Le problème consiste à résoudre l'équation

$$t^3 + At^2 + B = 0,$$

A est fonction de quatre paramètres t_m, m, l', $\Delta\theta = \theta - \theta_1$; B est fonction du paramètre l'.

1° *Calcul de A.* — On a $A = h + K$, en posant

$$h = 0{,}0424\,\frac{l'^2m^2}{l'^2_m} - t_m,$$

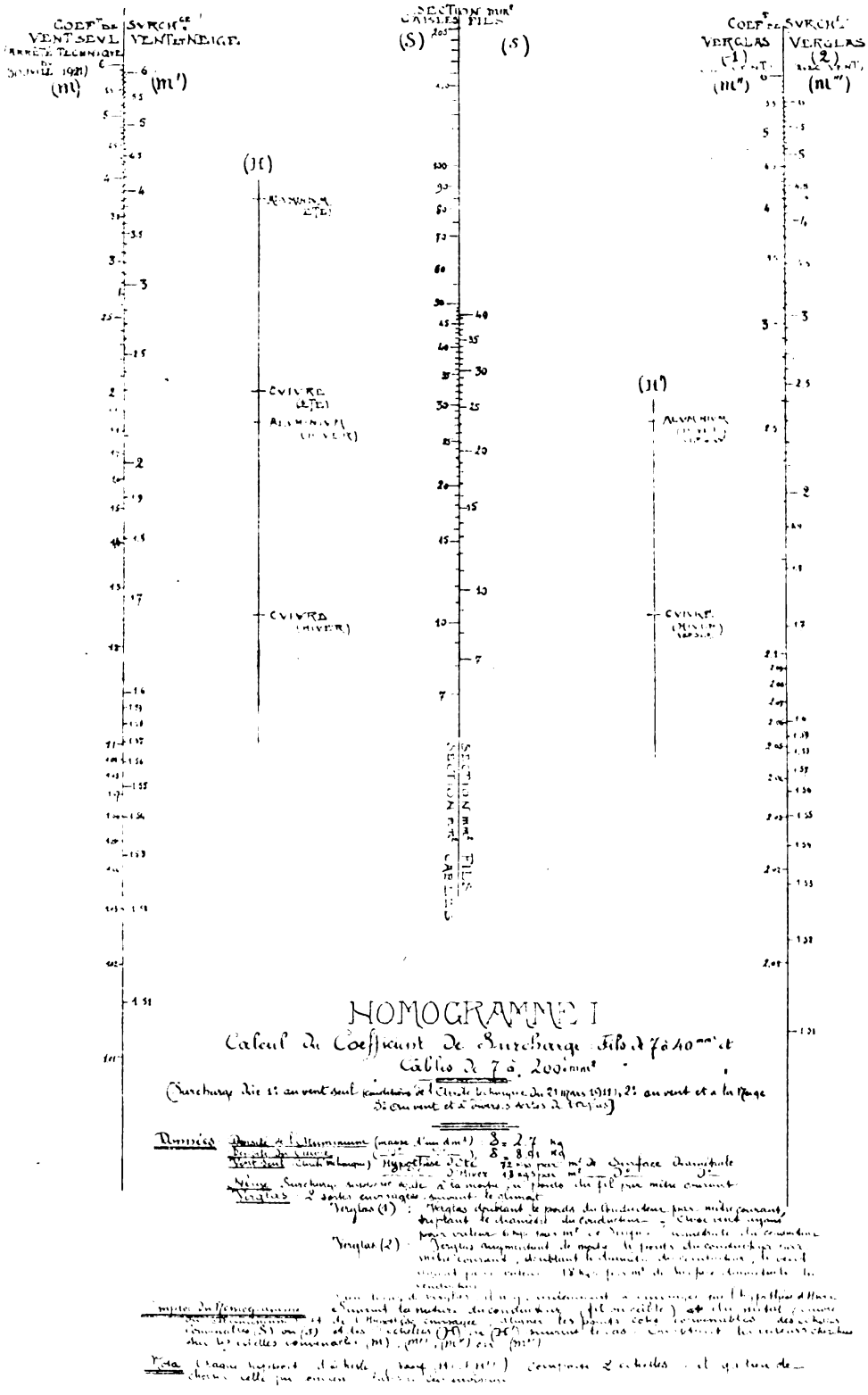
$$K = 0{,}218\,\Delta\theta.$$

Pour calculer h pour les valeurs données de l', m, t_m, aligner à l'aide d'un fil tendu les valeurs de l' et m lues sur les échelles correspondantes. On obtient ainsi un point sur l'échelle appelée (z) sur le nomogramme. Aligner ce point avec le point représentant la valeur de t_m lue sur l'échelle (t_m) on obtient alors sur cet alignement la valeur de h lue sur l'échelle (h). Aligner alors la valeur ainsi obtenue pour h avec la valeur de $\Delta\theta$ lue sur l'échelle ($\Delta\theta$). On obtient sur cet alignement la valeur de A lue sur l'échelle (A).

2° *Calcul de t.* — Aligner la valeur trouvée pour A avec la valeur de l' lue sur l'échelle (l'). L'alignement donne sur l'échelle (t) la valeur de t cherchée.

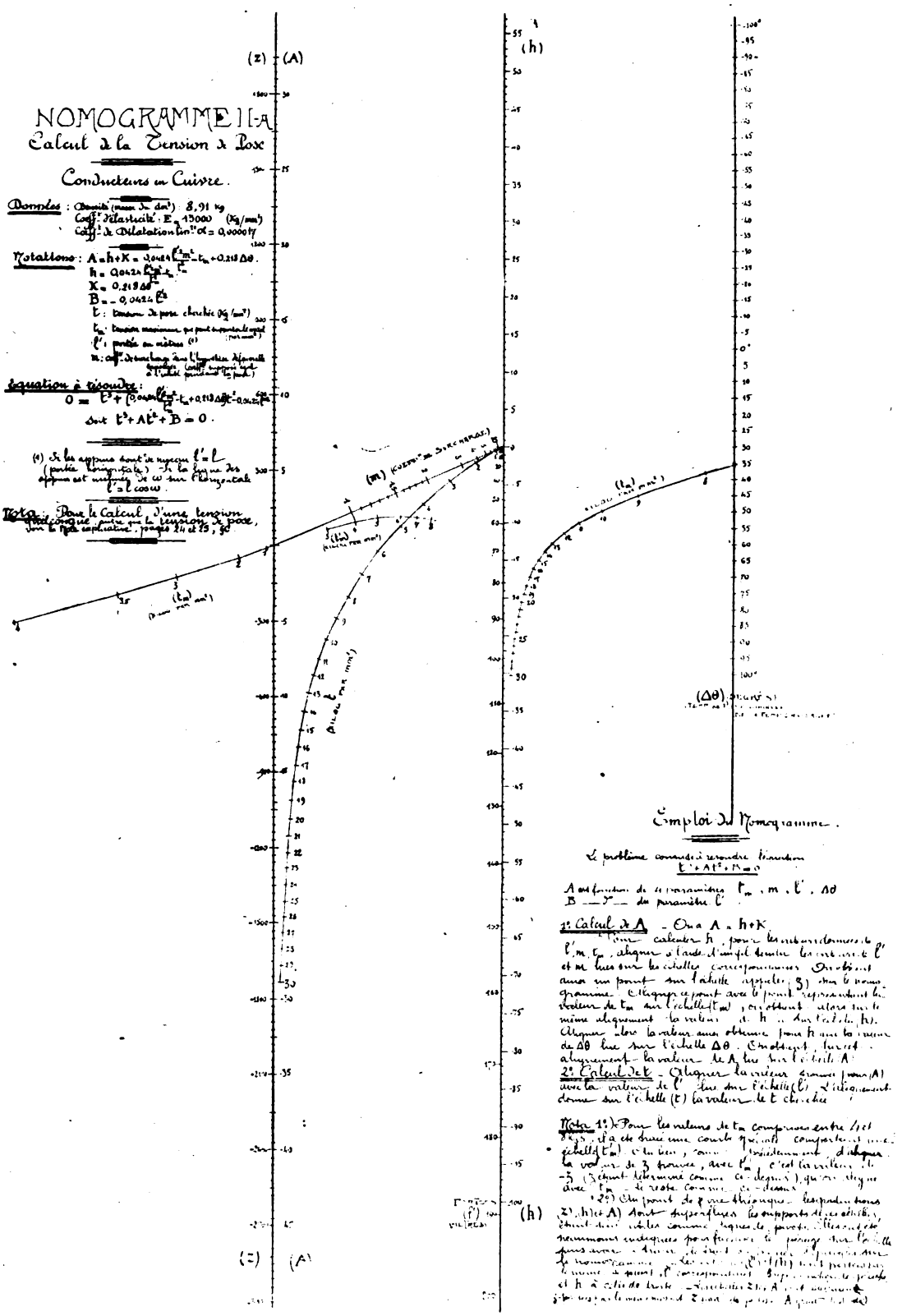
Nota. — 1) Pour les valeurs de t_m comprises entre 7 et 8 kg, il a été tracé une courbe spéciale comportant une échelle (l'_m). Au lieu, comme précédemment, d'aligner avec t'_m la valeur de z trouvée, c'est la valeur de $-z$ (z étant

Digitized by Google



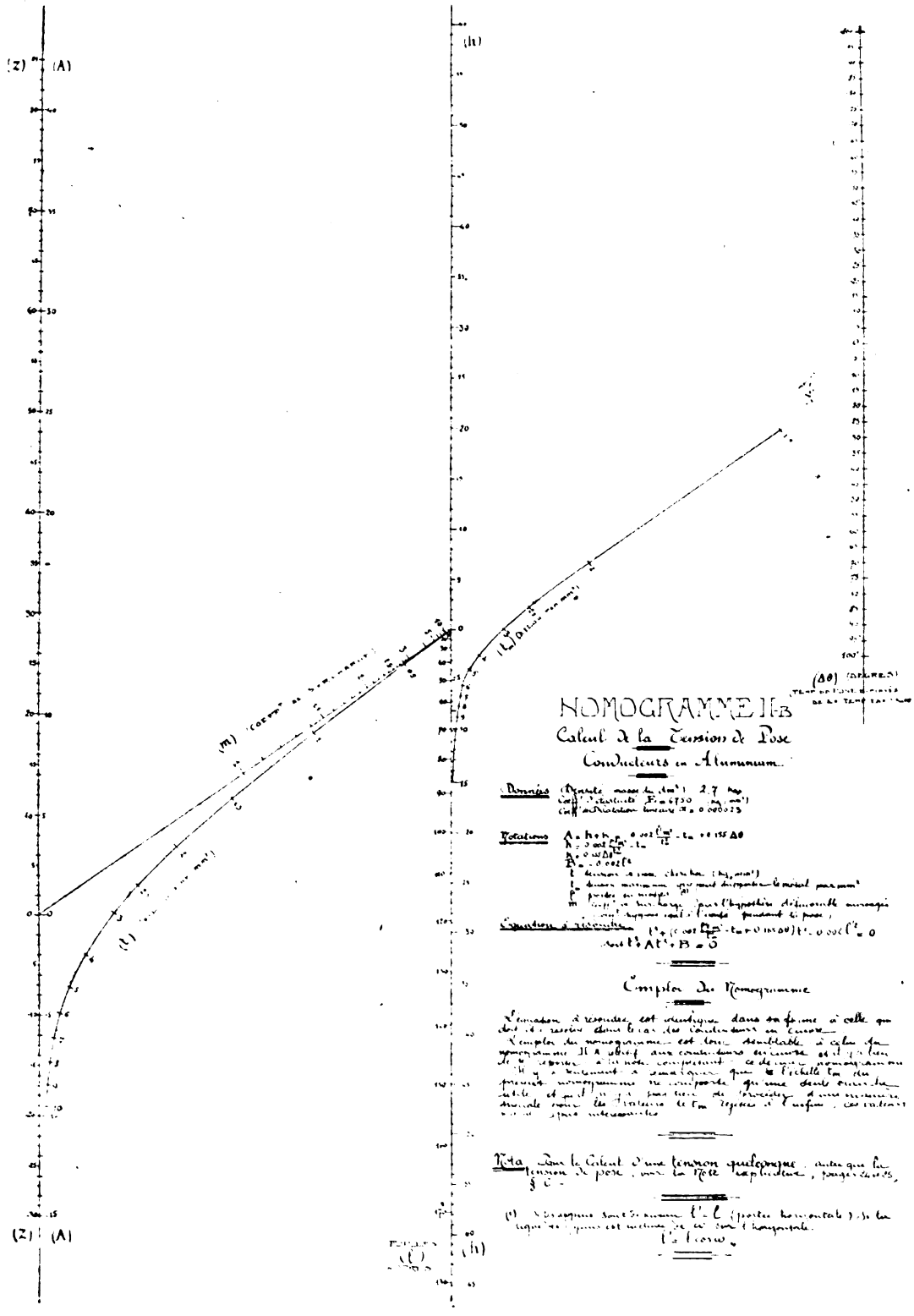
Nomogramme I, servant à la détermination du coefficient de surcharge *m*.

Digitized by Google



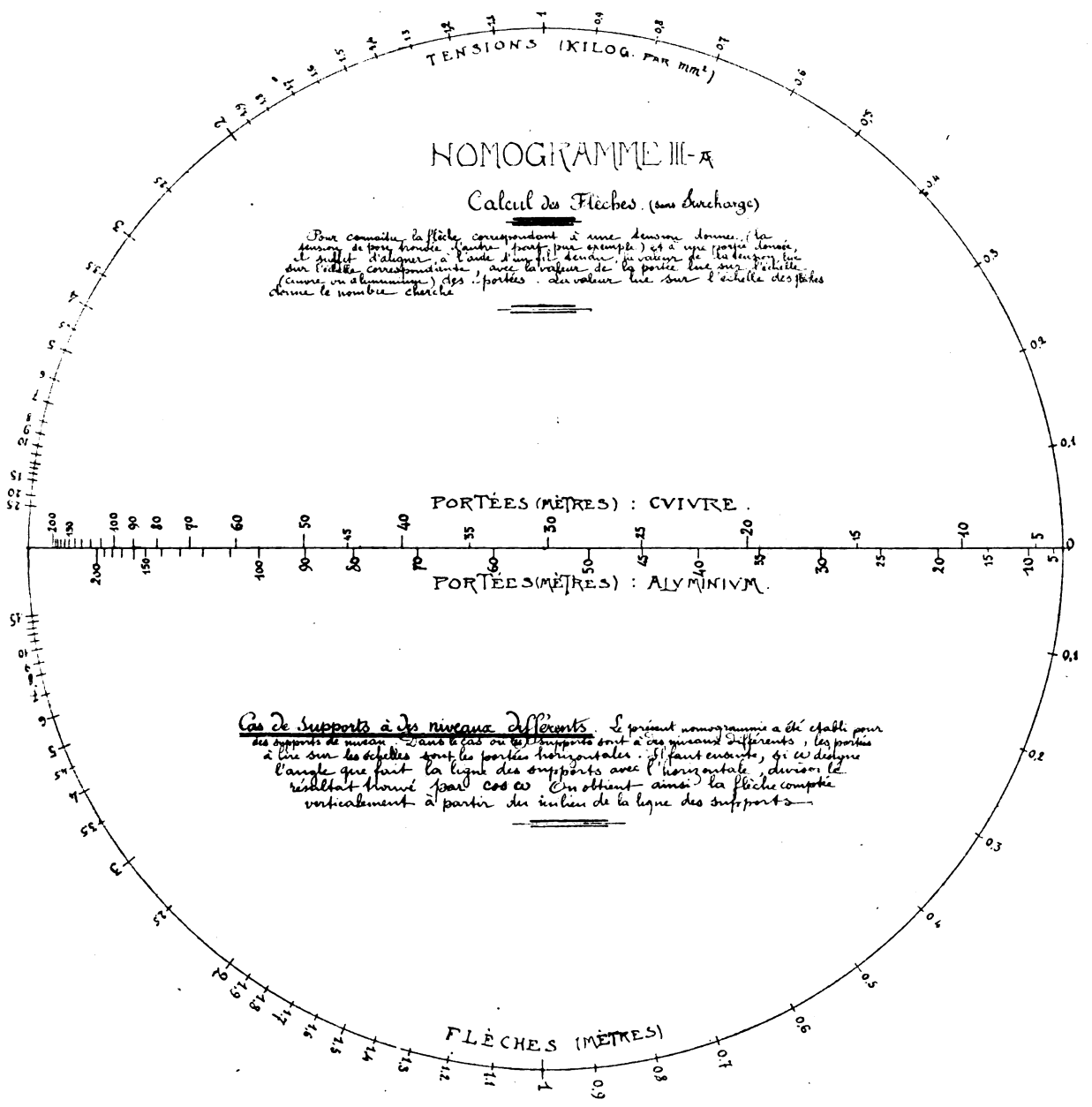
Nomogramme IIA, servant au calcul de la tension de pose pour des conducteurs en cuivre.

Digitized by Google



Nomogramme IIB, servant au calcul de la tension de pose pour des conducteurs en aluminium.

Digitized by Google



Nomogramme IIIA, pour la détermination de la flèche lorsqu'il n'y a pas de surcharge; ce nomogramme sert à la fois pour les conducteurs en cuivre et pour ceux en aluminium.

C. Calcul d'une tension quelconque connaissant la tension de pose. — Il est intéressant de pouvoir résoudre ce problème, surtout dans un cas particulier que nous examinons plus loin.

Nous avons fait observer précédemment que l'équation donnant la tension de pose t n'était pas symétrique en t et t_m. Si nous prenons t_m pour inconnue, nous obtenons en ordonnant

$$t_m^3 + \left[\frac{l'^2}{l^2}\cdot\frac{\delta^2 10^{-6}}{24\varepsilon} + \frac{\alpha}{\varepsilon}(\theta_1-\theta) - t\right] t_m^2 - m^2 l'^2 \cdot \frac{\delta^2 10^{-6}}{24\varepsilon} = 0.$$

Nous voyons que c'est l'équation précédente où, dans

déterminé comme ci-dessus) qu'on aligne avec t'_m. Le reste comme ci-dessus.

2) **Au point de vue théorique les graduations** (z), (h) et (A) **sont superflues, les supports de ces échelles étant seuls utiles comme lignes de pivots. Elles ont été néanmoins indiquées pour faciliter le repérage sur l'échelle sans avoir à** tracer de traits ou piquer d'épingles sur le nomogramme.

Les échelles (l') et (h) sont portées par le même support, l' correspondant à la graduation de gauche et h, à celle de droite.

Les échelles (z) et (A) sont également portées par un même support, z correspondant à la graduation de gauche, A à la graduation de droite.

Digitized by Google

l'expression entre crochets, on a remplacé m par 1 et où le terme constant contient le coefficient m. Nous voyons également que le facteur $\theta - \theta_1$ a été changé de signe.

Il en résulte que, *si t_m désigne non plus la tension maximum, mais la tension quelconque cherchée qui correspond à un régime quelconque*, les mêmes nomogrammes peuvent être utilisés. Pour cela, dans le premier alignement, au lieu d'aligner la portée l' sur le coefficient de surcharge m, on aligne cette portée sur le coefficient de surcharge 1 ; on obtient ainsi un point sur l'échelle (z). Il n'y a ensuite qu'à supposer que la lettre t_m du nomogramme remplace la lettre t (et réciproquement) à côté des échelles correspondantes, c'est-à-dire que la valeur connue de la tension de pose t sera lue sur l'échelle (t_m) et que la valeur cherchée t_m devra être lue sur l'échelle (t). Mais il faut, en outre, bien faire attention : 1° que l'on n'a plus $\Delta\theta = \theta - \theta_1$, mais $\Delta\theta = \theta_1 - \theta$ (température du régime envisagé, diminuée de la température de pose).

2° Que l'alignement final ne se fait plus entre la valeur de A et la valeur de la portée l', mais bien *entre la valeur de A et la valeur d'une portée fictive ml'*.

Cas particulier. — Un cas particulier très important réside dans *le calcul de la tension pour la température maximum de la région*. Ce calcul permet, en effet, comme on l'a vu, de *calculer ensuite la flèche maximum*.

Comme nous l'avons précédemment indiqué, la surcharge n'a pas à être envisagée lors de ce régime maximum. Comme elle n'est pas envisagée au régime de pose (1), l'équation à résoudre devient

$$t_m^3 + \left[\frac{l'^2}{l^2}\cdot\frac{\delta^2 10^{-6}}{24\varepsilon} + \frac{\alpha}{\varepsilon}(\theta_1 - \theta) - t\right] t_m^2 - \frac{\delta^2 10^{-6}}{24\varepsilon} l'^2 = 0,$$

où t_m désigne la tension cherchée et t, la tension de pose. On voit que cette équation est identique à l'équation primitive donnant la tension de pose, sauf le changement de $\theta - \theta_1$ en $\theta_1 - \theta$ et sauf le fait que les coefficients de surcharge sont égaux à l'unité. Il en résulte que l'on peut opérer comme précédemment avec la seule précaution de prendre $\Delta\theta = \theta_1 - \theta$, *sans avoir de portée fictive ml' à envisager*.

Remarque. — Sur le nomogramme II-A, l'emploi de *l'échelle t'_m* est indiqué à propos de la recherche de la tension de pose des conducteurs en cuivre ; cet emploi est identique dans la recherche d'une tension quelconque.

D. Calcul de la flèche pour la pose ou pour un régime quelconque et sans surcharge. — Connaissant la tension de pose, le nomogramme circulaire III-A donne immédiatement, pour le cuivre et pour l'aluminium, *la flèche de pose* et d'une manière générale *la flèche pour une tension quelconque et pour un coefficient de surcharge unité* (en particulier la *flèche maximum d'été*, problème dont il a été question au § C ci-dessus).

(1) *R. G. E.*, 1er juillet 1922, t. XI, p. 957.

E. Calcul de la flèche pour un régime quelconque avec surcharge. — Ayant calculé la tension pour un régime quelconque avec surcharge (voir cas général du § C), on peut calculer facilement la flèche correspondante à l'aide du nomogramme III-B. C'est un nomogramme circulaire comportant en réalité deux nomogrammes à double alignement confondus par suite d'artifices de graduation.

Ce nomogramme, qui a été établi pour lecture directe pour le cuivre et l'aluminium, peut être utilisé, comme il est indiqué ci-après, pour un métal quelconque, avec ou sans surcharge.

F. Calcul, pour une tension donnée, de la flèche d'un conducteur en métal autre que l'aluminium et le cuivre, avec ou sans surcharge. — Si p désigne le poids par mètre courant d'un conducteur en aluminium de même inclinaison, soumis à une même tension unitaire t et ayant même portée horizontale l que le conducteur ; si p' désigne le poids par mètre courant du conducteur étudié et si m désigne le coefficient de surcharge (ce coefficient étant supposé égal à l'unité pour le conducteur d'aluminium) ; si f est la flèche du conducteur d'aluminium et f' la flèche du conducteur étudié, on a évidemment

$$\frac{f'}{f} = \frac{mp'}{p} \times \frac{Q}{Q'},$$

Q et Q' désignant les tensions totales.

En remarquant que

$$p = s\delta 10^{-3}, \qquad Q = st,$$
$$p' = s'\delta' 10^{-3}, \qquad Q' = s't,$$

cette équation devient

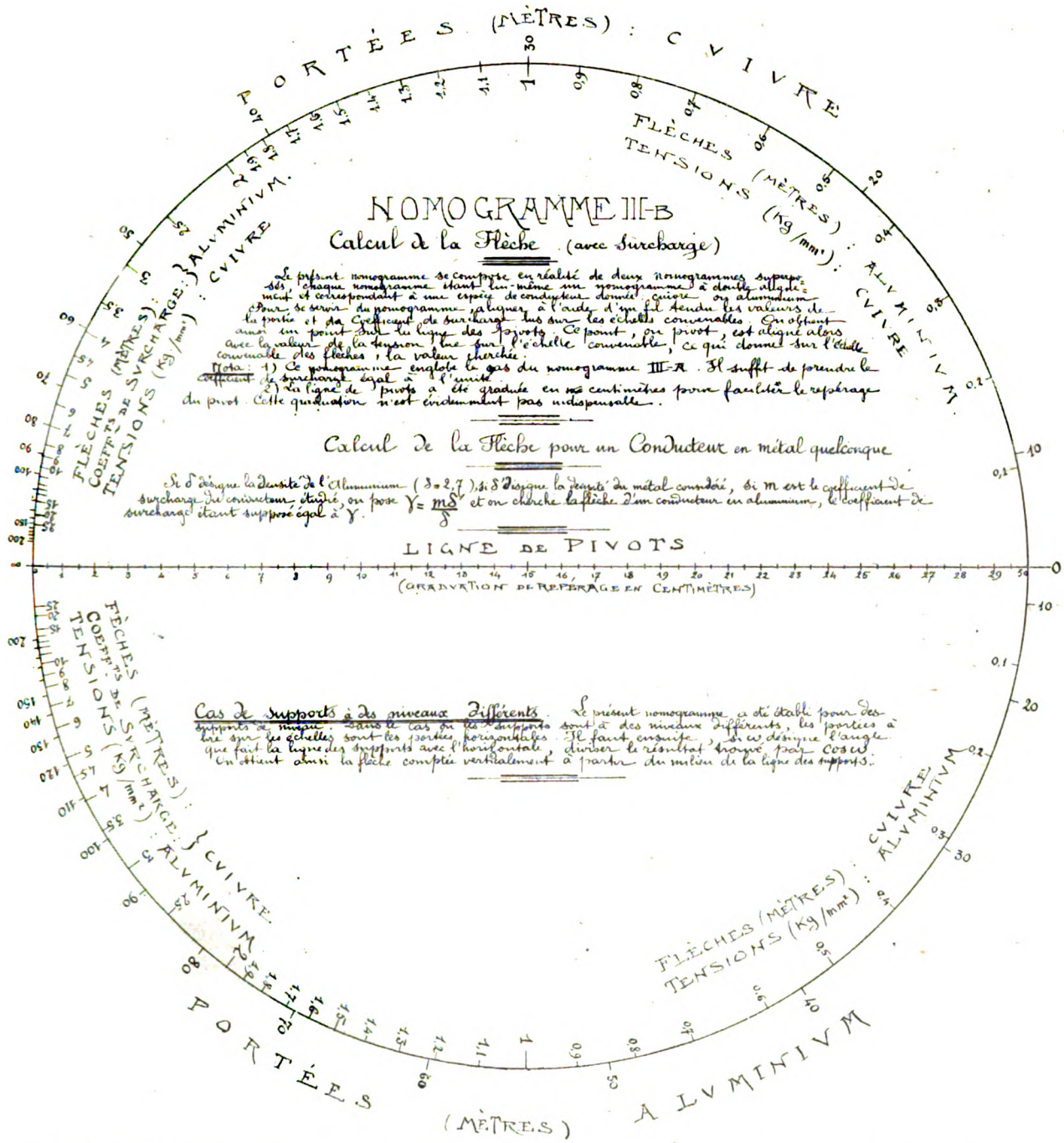
$$\frac{f'}{f} = \frac{m\delta'}{\delta}.$$

Posons $\frac{m\delta'}{\delta} = \gamma$. Il en résulte *que l'on peut ramener la recherche de la flèche f' à celle de la flèche f d'un conducteur en aluminium de même inclinaison, de même portée horizontale l et soumis à la même tension unitaire, mais le coefficient de surcharge étant égal à γ* (On a choisi le conducteur en aluminium comme conducteur de comparaison, ce métal étant pratiquement le plus léger des métaux employés dans la construction des lignes aériennes).

G. Calcul de la longueur du conducteur. — Le nomogramme IV (1), qui est un *nomogramme à équerre*,

(1) Ce nomogramme est surtout avantageux pour les grandes flèches. Il y a lieu d'ailleurs de citer à ce sujet un abaque à entrecroisement publié dans l'ouvrage de M. Soreau (*Traité des Abaques*, t. I, Abaque n° 14, p. 86). Cet abaque donne les longueurs de câbles entre pylônes pour des portées de 10 à 100 m.

Digitized by Google



Nomogramme IIIB, pour la détermination de la flèche lorsqu'il y a surcharge. Le nomogramme sert à la fois pour les conducteurs en cuivre et pour ceux en aluminium.

donne facilement cette longueur, connaissant la flèche et la portée lorsque les supports sont de niveau. Si l'on se reporte aux formules données dans « R. G. E. », 1er juillet 1922, t. XI, p. 9'52, on voit que, pour le cas de supports situés à des niveaux différents, l'inclinaison étant ω, il suffit de remplacer la flèche f par $f\cos\omega = f\frac{l}{\lambda}$, la valeur de λ étant lue sur l'échelle (l).

II. — Exemples.

Afin d'illustrer les calculs et développements qui précèdent, nous donnerons deux exemples, l'un relatif à des supports de niveau, l'autre à des supports placés à des niveaux différents.

Premier exemple — Soit une traversée de cours d'eau navigable par des conducteurs constitués par des

Digitized by Google

fils en bronze de haute conductibilité, la portée entre points d'appui étant de 100 m et ces points d'appui étant de niveau. On sait que la tension de rupture du conducteur employé est de 45 kg : mm²; que la température minimum de la région est de — 25°C; que la température moyenne est de + 10°C.

On suppose, en outre, que la pose s'effectuera à la température de + 15°, avec un régime exempt de surcharge.

Enfin le diamètre du conducteur est de 7 mm, ce qui correspond à une section de 38,4 mm².

Nous avons, d'après les données qui précèdent,

$$l = l_1 = 100 \text{ m},$$

$$t_m = 9 \text{ kg} : \text{mm}^2,$$

(le coefficient de sécurité devant en effet être pris dans ce cas égal à 5), avec

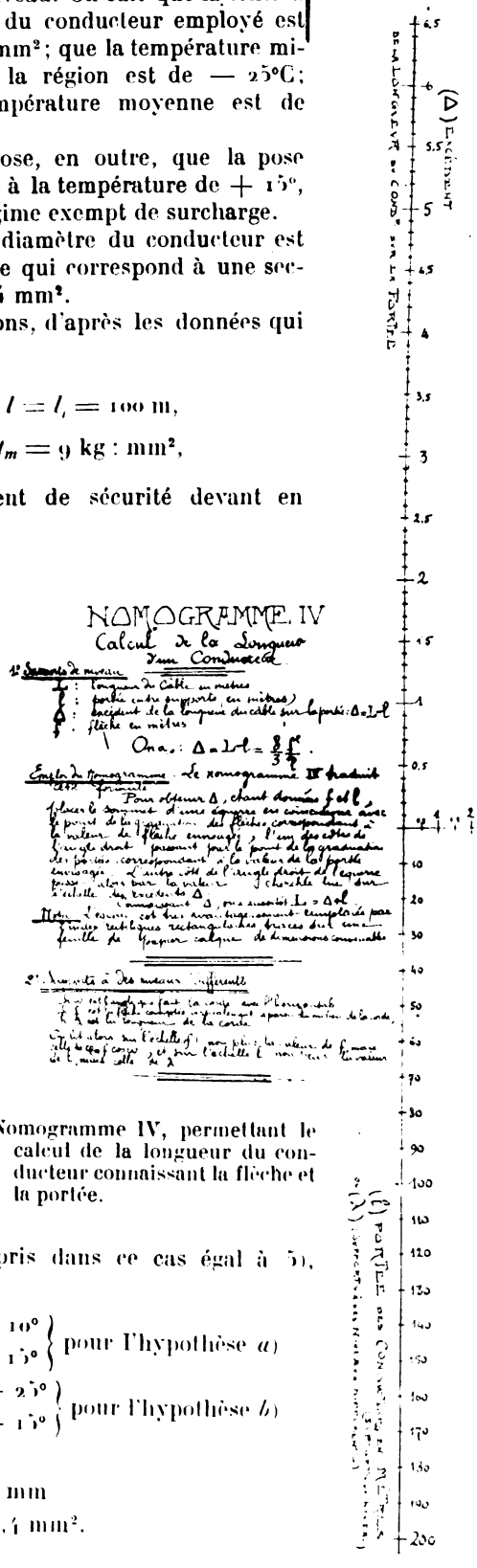
$$\left.\begin{aligned} \theta_1 &= +10° \\ \theta &= +15° \end{aligned}\right\} \text{ pour l'hypothèse } a)$$

$$\left.\begin{aligned} \theta'_1 &= -25° \\ \theta &= +15° \end{aligned}\right\} \text{ pour l'hypothèse } b)$$

et

$$d = 7 \text{ mm}$$

$$s = 38{,}4 \text{ mm}^2.$$



Nomogramme IV, permettant le calcul de la longueur du conducteur connaissant la flèche et la portée.

A. Calcul du coefficient de surcharge. — 1° Dans l'hypothèse *a*). — Le nomogramme I ci-dessus, par alignement du nombre 38,4 lu sur l'échelle (*s*) (échelle des sections des fils) avec le repère « Cuivre (Eté) » de l'échelle (*H*), donne sur l'échelle (*m*) la valeur cherchée

$$m = 1{,}78.$$

2° Dans l'hypothèse *b*). — Le même nomogramme, encore par alignement du même nombre 38,4 de la même échelle avec le repère « Cuivre (Hiver) » de l'échelle (*H*), donne sur l'échelle (*m*) la valeur cherchée

$$m = 1{,}063,$$

(nous n'avons fait aucune hypothèse sur la neige et le verglas).

B. Calcul de la tension de pose. — 1° Dans l'hypothèse *a*). — Nous avons

$$m = 1{,}78.$$

$$\Delta\theta = \theta - \theta_1 = 15 - 10 = 5,$$

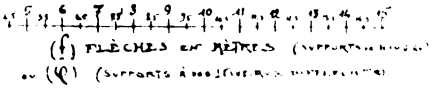
En effectuant les alignements successifs indiqués dans la légende du nomogramme II-A, on obtient pour la tension de pose la valeur

$$t = 5{,}6 \text{ kg} : \text{mm}^2.$$

2° Dans l'hypothèse *b*). — Nous avons

$$m = 1{,}063,$$

$$\Delta\theta = \theta - \theta'_1 = 15 + 25 = 40.$$



Le même nomogramme donne

$$t = 6 \text{ kg} : \text{mm}^2.$$

Il résulte de l'examen de ces deux hypothèses qu'il y a lieu d'adopter la tension

$$t = 5{,}6 \text{ kg} : \text{mm}^2.$$

qui correspond à l'hypothèse la plus défavorable puisque c'est la plus faible des deux tensions.

Remarque. — On aurait pu prévoir à priori ce dernier résultat, à savoir que l'hypothèse la plus défavorable était l'hypothèse *a* (sans avoir à envisager l'hypothèse *b*), en calculant la portée critique l'_c. La formule III indiquée au § E (p. 956, *loc. cit.*) du chapitre relatif au changement de conditions donne

$$l'_c = 26{,}72 \text{ m}.$$

D'où $l' > l'_c$ et c'est l'hypothèse (*a*) qu'il y avait lieu d'envisager seule.

En réalité, les opérations nomographiques qui précè-

Digitized by Google

dent sont assez rapides pour qu'il n'y ait aucun inconvénient à n'éliminer qu'après coup l'une des deux hypothèses.

C. Calcul de la tension pour la température maximum d'été. — Nous supposerons que cette température maximum est, pour la région,

$$\theta''_1 = 40°.$$

Dans ce cas, en appliquant les indications énumérées au § C du chapitre I précédent, (exécution pratique des calculs par nomogrammes à points alignés), nous trouvons, en employant le même nomogramme II-A et en remarquant au préalable que dans ce cas

$$\Delta\theta = \theta''_1 - \theta = 40 - 15 = 25,$$

la tension pour la température maximum d'été est

$$t = 4{,}8 \text{ kg : mm}^2.$$

Dans l'emploi du nomogramme pour les nombres ci-dessus, il y a lieu de remarquer que l'on a à appliquer les indications du premier alinéa du « Nota » de la légende du nomogramme II-A.

D. Calcul de la flèche pour la pose. Flèche maximum d'été. — La tension de pose adoptée étant $t = 5{,}6$ kg : mm², le nomogramme III-A donne immédiatement, par alignement de cette valeur lue sur l'échelle des tensions avec la valeur de la portée soit 100 m, lue sur l'échelle correspondante « Cuivre », la valeur cherchée de la flèche à la pose, soit

$$f_p = 1{,}93 \text{ m}.$$

Pour avoir la flèche maximum d'été, il n'y a qu'à procéder de même en partant de la tension $t = 4{,}8$ kg : mm² correspondant à la température maximum d'été, ce qui donne

$$f_m = 2{,}25 \text{ m}.$$

Connaissant cette dernière flèche, et sachant que la distance minimum prescrite entre le niveau des plus hautes eaux navigables et le point le plus bas du conducteur est de 8 m, il en résulte que la hauteur minimum de l'isolateur au-dessus des plus hautes eaux doit être de 10,25 m.

E. Longueur du conducteur a la pose. — Connaissant la flèche à la pose $f_p = 1{,}93$ m, le nomogramme IV donne

$$L - l = 0{,}10 \text{ m},$$

d'où

$$L = l + 0{,}10 \text{ m},$$

ou, comme $l = 100$ m, $L = 100{,}10$ m.

Deuxième exemple. — Soit une ligne traversant une agglomération ; soit une portée oblique de cette ligne dans laquelle les conducteurs sont constitués par du bronze de haute conductibilité, la ligne des appuis faisant un angle de 30° avec l'horizontale.

La distance horizontale des appuis est $l = 50$ m.

La température minimum d'hiver est $\theta_1 = -15°$.

La température moyenne est $\theta'_1 = +10°$.

On suppose que la pose se fait à une température $\theta = +20°$, avec un régime exempt de surcharge.

Le fil a un diamètre $d = 5$ mm et une section $s = 19{,}6$ mm².

Nous n'envisagerons pas d'hypothèses de neige ou verglas.

On a

$$l' = l \cos 30° = 43{,}30 \text{ m}.$$

Le coefficient de sécurité est 5 ; donc, comme dans l'exemple précédent,

$$t_m = 9 \text{ kg : mm}^2.$$

A. Calcul du coefficient de surcharge. — 1° Dans l'hypothèse *a)*. — Nous trouvons, à l'aide du nomogramme I,

$$m = 2{,}28.$$

2° Dans l'hypothèse *b)*. — Le même nomogramme nous donne

$$m = 1{,}12.$$

B. Calcul de la tension de pose. — 1° Dans l'hypothèse *a)*. — Nous avons

$$m = 2{,}28,$$
$$\Delta\theta = \theta - \theta'_1 = 20 - 10 = +10°.$$

Le nomogramme II-A nous donne

$$t = 4{,}7 \text{ kg : mm}^2.$$

2° Dans l'hypothèse *b)*. — Nous avons

$$m = 1{,}12,$$
$$\Delta\theta = \theta - \theta_1 = 20 + 15 = +35°.$$

Le même nomogramme nous donne

$$t = 4{,}3 \text{ kg : mm}^2.$$

C'est cette tension de 4,3 kg : mm² qu'il y a donc lieu d'adopter à la pose, puisque c'est la plus faible que donne l'examen successif des deux hypothèses. La valeur de la portée critique l'_c pouvait le laisser prévoir ; en calculant cette portée, on trouve en effet

$$l'_c = 51{,}18 \text{ m},$$

d'où $l' < l'_c$, ce qui prouve que c'est l'hypothèse *b)* qu'il suffisait d'envisager.

Digitized by Google

C. Calcul de la tension pour la température maximum d'été. — Nous supposerons que la température maximum d'été est

$$\theta''_1 = +40°.$$

Nous avons alors

$$\Delta\theta = \theta''_1 - \theta = 40 - 20 = +20°,$$

et la tension de pose étant $t = 4{,}3$ kg : mm², en procédant comme dans le premier exemple, on trouve finalement à l'aide du nomogramme II-A

$$t = 3{,}2 \text{ kg : mm}^2.$$

D. Calcul de la flèche pour la pose. Flèche maximum d'été. — Le nomogramme III-A nous donne, comme pour le premier exemple, la flèche de pose f_p qui correspond à la tension de pose $t = 4{,}3$ kg : mm²

$$f_p = 0{,}48 \text{ m}$$

(flèche verticale au milieu de la corde).

La flèche maximum d'été s'obtient de même en prenant la valeur de la tension pour la température maximum d'été $t = 3{,}2$ kg. On obtient ainsi

$$f_m = 0{,}66 \text{ m}.$$

A. Joitel,
Ingénieur des Constructions civiles.
Ancien élève de l'École nationale
des Ponts et Chaussées.

Revues, analyses et informations

Théorie mathématique de la force électromotrice d'induction produite par la magnéto à haute tension (1).

I. — La magnéto à haute tension qui avait été, jusqu'à ces derniers temps, construite à partir de données entièrement empiriques a subi des perfectionnements qui conduisent à baser l'établissement d'un nouveau modèle, encore amélioré, sur des considérations plus scientifiques, c'est-à-dire sur une théorie au moins approchée des phénomènes dont cet appareil est le siège. Le but du présent travail est précisément de créer une telle théorie approchée, et de rechercher la corrélation existant entre certaines des conclusions fournies par la théorie et quelques faits d'expérience.

La magnéto est un système électrique excessivement complexe qui sert à transformer de l'énergie mécanique en énergie thermique, celle de l'étincelle à haute tension, par l'intermédiaire des formes magnétique et électrique de l'énergie. Il est probablement impossible de prévoir rigoureusement par le calcul tous les phénomènes qui se produisent dans cet appareil. On peut cependant poser des équations pour diverses combinaisons de circuits qui se rapprochent plus ou moins de la magnéto : dans ce qui suit, ces circuits théoriques abstraits porteront le nom de *modèles* de la magnéto. De tels modèles répondent à deux emplois distincts : 1° Le changement de fonctionnement du modèle dans diverses conditions fournit une indication qualitative de la manière d'être correspondante de la magnéto dans des conditions analogues ; 2° on peut obtenir l'expression quantitative d'une propriété spécifique donnée de la magnéto, d'après la valeur numérique de la quantité correspondante du modèle, d'où la possibilité d'exprimer numériquement et de comparer les changements portant sur telle ou telle propriété, du fait d'une modification donnée de l'appareil.

Le cycle complet d'opérations de la magnéto qui conduit à la production d'une étincelle est très compliqué, et peut être considéré comme formé par les six périodes distinctes suivantes :

Première période. — La rotation de l'armature dans le champ magnétique des aimants permanents produit, dans l'enroulement primaire, un certain courant (ordinairement de l'ordre de 2 à 4 A), et emmagasine dans le champ magnétique qui en résulte une certaine énergie $\left(\frac{1}{2} LI_0^2\right)$. A l'instant où l'étincelle doit se produire, les contacts du primaire sont séparés par une came et ceci modifie entièrement les caractéristiques du circuit :

Deuxième période. — La rapide diminution du courant primaire qui résulte de la séparation des contacts engendre des forces électromotrices élevées et croissantes dans les enroulements primaire et secondaire. Ce phénomène se poursuit pendant quelques dix-millièmes de seconde, jusqu'à ce que la différence de potentiel entre les électrodes secondaires soit assez élevée pour que l'étincelle puisse passer à travers les gaz à enflammer :

Troisième période. — Cette traversée du gaz par l'étincelle est accompagnée, tout d'abord, d'une très rapide décharge du condensateur formé par les conducteurs qui aboutissent à l'éclateur. Cette décharge est vraisemblablement oscillante, avec une fréquence de plusieurs millions de périodes par seconde.

Quatrième période. — Après cette rapide décharge condensée, il existe un intervalle de temps, durant lequel l'énergie magnétique restée emmagasinée dans la bobine se dissipe dans l'étincelle par la formation d'un arc ; ce phénomène demande un certain temps et la came qui tourne à grande vitesse, peut rapprocher les contacts du primaire avant que toute l'énergie ait été ainsi dissipée :

Cinquième période — Dans ce cas, il y a lieu de mentionner une courte période pendant laquelle la charge qui reste dans le condensateur primaire se dissipe par les contacts primaires, tandis que l'étincelle s'éteint, et que l'énergie restante du secondaire est retransmise par induction à l'enroulement primaire ;

Sixième période. — Le circuit reste alors inerte pendant la dernière période, qui se termine lorsque l'armature, dans son mouvement de rotation, passe par la position correspondant au flux maximum. Alors commence la période 1 du cycle suivant.

II. — Dans le présent travail, l'auteur s'est limité à la discussion des phénomènes qui se produisent pendant la très courte période 2 comprise entre la séparation des con-

(1) F.-B. Silsbee. *Scientific Papers of the Bureau of Standards*, 13 décembre 1921, n° 425, p. 407-469, 34 figures.

Digitized by Google

tacts primaires et le commencement de l'étincelle entre les électrodes secondaires. Ce sont uniquement les phénomènes générés pendant cette période qui déterminent si la force électromotrice obtenue sera suffisante pour produire l'étincelle.

La fonction de la magnéto pendant cette période est, naturellement, la même que celle d'une bobine d'induction, et plusieurs des équations discutées dans ce travail sont directement applicables à une bobine. La principale différence entre les deux types d'appareils, dans le cas de la magnéto, réside dans un couplage magnétique plus étroit entre les enroulements primaire et secondaire, la présence d'une plus grande masse de fer non feuilleté, et des fréquences en général plus élevées pour les oscillations qui se produisent.

Les complexités dans les circuits électriques de la magnéto qui ont conduit aux difficultés rencontrées par divers auteurs pour exprimer mathématiquement les phénomènes observés peuvent être énumérées comme suit :

1° La capacité électrostatique qui existe dans l'enroulement secondaire, à la fois entre une couche de l'enroulement et la suivante, entre la couche extérieure, les conducteurs et le bâti de la machine, et, dans une certaine mesure, entre les côtés des couches intermédiaires et le bâti, affecte de façon très sensible le fonctionnement de l'appareil. La dernière de ces composantes de la capacité a pour effet de faire varier l'intensité du courant aux différents points de l'enroulement secondaire ;

2° La perméabilité magnétique variable de l'armature de fer en fonction de la densité du flux a, jusqu'à présent, résisté à tous les essais d'explication magnétique, et la seule façon pratique d'aborder le sujet est de supposer l'existence d'une certaine perméabilité moyenne ou d'une inductance moyenne correspondant aux limites particulières des valeurs que peut prendre la force magnétisante à laquelle le fer est soumis. Comme il y a toujours un entrefer de réluctance considérable dans le circuit magnétique, le fer n'approche jamais les conditions de saturation et, par conséquent, les changements de perméabilité ne sont pas aussi grands qu'il pourrait le paraître à première vue ;

3° Le changement de réluctance du circuit magnétique qui résulte du changement de position de l'armature modifie l'inductance effective de l'enroulement. Cet effet, pourtant, a peu d'importance dans une étude de la deuxième période, car le mouvement total de l'armature dans le très court intervalle de temps que dure cette période est si faible que l'inductance peut être considérée comme constante ;

4° La rotation de l'un et l'autre des enroulements primaire et secondaire dans le champ magnétique engendre une certaine force électromotrice qui n'existe pas dans la bobine d'induction et se trouve distincte de celle produite par l'interruption du circuit primaire ; cette force électromotrice change aussi assez rapidement avec la position angulaire de l'armature. Pour discuter la première période du cycle suivant où elle intervient, cette force électromotrice peut, cependant, être considérée comme constante et, en général, de grandeur négligeable ;

5° La fuite magnétique entre les enroulements primaire et secondaire introduit dans le circuit une complication très grande ; elle est le principal motif qui oblige à se servir d'un modèle à double bobine. Si cette fuite magnétique pouvait être négligée, le modèle plus simple discuté ci-dessous serait strictement applicable ;

6° Les courants de Foucault produits dans l'armature de fer par les rapides variations du flux qui la traverse exercent une influence considérable sur les phénomènes électriques, et le modèle à double bobine discuté antérieurement par certains auteurs ne contient pas d'exposition explicite permettant de prendre de tels effets en considération. Ces effets des courants de Foucault sont d'autant plus complexes que les fréquences des oscillations produites sont plus élevées : la distribution des courants de Foucault est alors soumise à un effet de surface analogue à celui qui apparaît dans les conducteurs parcourus par des courants de haute fréquence et ils ne peuvent pas être complètement représentés par un circuit tertiaire unique de résistance et d'inductance fixes ;

7° D'autres complications sont encore introduites dans les cas où l'on désire traiter l'effet d'une résistance mise en parallèle avec les électrodes secondaires, comme cela arrive lorsque l'éclateur est souillé d'un dépôt de charbon.

On s'est proposé, dans cette étude :

a) De revoir et de compléter l'étude du modèle à double bobine, déjà traité par divers auteurs, et d'indiquer avec quelques détails les différentes transformations d'énergie qui s'y produisent pendant la deuxième période ;

b) D'étudier un nouveau type de modèle ne comprenant qu'une seule bobine et un condensateur. Ce modèle, naturellement, ne peut pas s'adapter au fonctionnement de la magnéto aussi exactement que le fait le modèle à bobine double, mais sa simplicité le rend beaucoup plus apte à servir aux prévisions pratiques et conduit à une description plus aisée des phénomènes qui se produisent dans un cycle complet ;

c) D'examiner encore un troisième modèle qui peut être appelé le modèle à bobine fermée, et qui indique les effets auxquels on doit s'attendre par suite des courants de Foucault dans le fer ; l'expérience a montré que ce modèle est capable de donner une bonne approximation du fonctionnement de la magnéto.

a) *Modèle à double bobine.* — Dans ce modèle, les circuits électriques peuvent prendre l'une ou l'autre des deux formes représentées dans les figures 1 et 2. La figure 1 correspond au type de circuits de certaines bobines

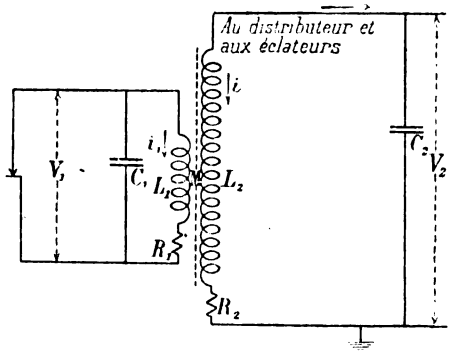


Fig. 1. — Circuits du modèle à double bobine correspondant aux bobines d'induction et aux magnétos à deux étincelles.

d'induction, et aussi des magnétos dites à deux étincelles, autrement dit, des magnétos destinées à alimenter deux éclateurs placés dans le même cylindre. Le second type de connexions, (figure 2), est surtout d'un emploi très général dans la construction des magnétos. Quoique les équations qui résultent de ces deux types de modèle diffèrent légèrement dans les détails, les phénomènes généraux qui s'y produisent sont les mêmes ; aussi la plus grande partie de la discussion est-elle limitée au type de connexions de la figure 1.

Dans les deux modèles, les bobines s'identifient avec les

Digitized by Google

enroulements réels de la magnéto ; on peut donc leur attribuer les valeurs de la self-induction et du coefficient d'induction mutuelle que possèdent les enroulements réels. Les valeurs de ces quantités dépendent, naturellement, de la position angulaire de l'armature entre les pièces polaires et de l'intensité du champ magnétisant auquel le fer est soumis. D'ordinaire, on assigne aux résistances R_1 et R_2 la valeur de la résistance réelle de l'enroulement correspondant, résultant de mesures en courant continu. Il est pos-

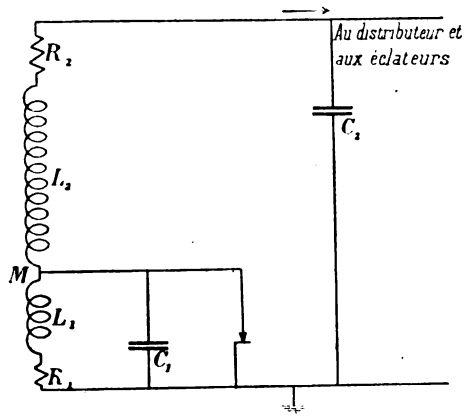


Fig. 2. — Circuits du modèle à double bobine correspondant aux magnétos à une étincelle.

sible d'assigner à ces grandeurs des valeurs différentes et d'ailleurs plus grandes dans le but de représenter, à un certain degré d'approximation, les pertes d'énergie grandement accrues du fait de la présence des courants de Foucault dans le fer.

C_1 s'identifie avec la capacité du condensateur primaire ; C_2, de son côté, représente l'effet des diverses capacités secondaires énumérées plus haut et la meilleure définition qu'on en puisse donner c'est de dire qu'en grandeur elle est égale à la capacité qui, pour la différence de potentiel existant entre les électrodes, contiendra la même énergie que celle qui est réellement emmagasinée sous forme électrostatique dans le diélectrique qui sépare les couches successives et qui entoure les électrodes de l'appareil réel. Dans le cas d'une magnéto, la partie de cette capacité de beaucoup la plus grande est celle existant aux extrémités de l'enroulement et, en conséquence, l'intensité du courant a pratiquement la même valeur sur toute la longueur de l'enroulement secondaire. Dans le cas d'une bobine d'induction, où les capacités terminales sont relativement plus petites, cette condition n'est pas entièrement remplie, et le courant est plus intense au centre de l'enroulement qu'à ses extrémités. Dans ces conditions, l'induction mutuelle du secondaire sur le primaire n'est pas égale à l'effet réciproque du primaire sur le secondaire, et on doit, par suite, distinguer les deux coefficients d'induction mutuelle L_{21} et L_{12}. L'effet total qui résulte de cette circonstance se borne, en définitive, simplement à la réduction du coefficient de couplage défini par la relation

$$k^2 = \frac{L_{21}L_{12}}{L_2L_1}.$$

Soient i_1 et i_2 les intensités instantanées de courant dans les circuits primaire et secondaire de la figure 1 ; V_1 et V_2, les différences de potentiel instantanées correspondantes, aux armatures des condensateurs, et soient enfin E_1 et E_2 les forces électromotrices induites, dans les enroulements respectifs, par la rotation de l'armature de la magnéto ; on a, en appliquant les lois de Kirchhoff aux deux circuits

$$L_1\frac{di_1}{dt} + M\frac{di_2}{dt} + R_1i_1 + V_1 = E_1. \qquad (1)$$

$$L_2\frac{di_2}{dt} + M\frac{di_1}{dt} + R_2i_2 + V_2 = E_2. \qquad (2)$$

On a, en outre, les relations évidentes

$$i_1 = C_1\frac{dV_1}{dt}, \qquad (3)$$

$$i_2 = C_2\frac{dV_2}{dt}, \qquad (4)$$

qui, combinées avec (1) et (2), donnent les relations

$$L_1C_1\frac{d^2V_1}{dt^2} + MC_2\frac{d^2V_2}{dt^2} + C_1R_1\frac{dV_1}{dt} + V_1 = E_1. \qquad (5)$$

$$L_2C_2\frac{d^2V_2}{dt^2} + MC_1\frac{d^2V_1}{dt^2} + C_2R_2\frac{dV_2}{dt} + V_2 = E_2. \qquad (6)$$

En posant

$$V_1 = V_1 - E_1 \text{ et } V_2 = V_2 - E_2 \qquad (7)$$

et remarquant que les vitesses de variation de E_1 et E_2 sont négligeables par rapport aux vitesses énormes de variation de V_1 et V_2, on obtient

$$L_1C_1\frac{d^2V_1}{dt^2} + MC_2\frac{d^2V_2}{dt^2} + C_1R_1\frac{dV_1}{dt} + V_1 = 0. \qquad (8)$$

$$L_2C_2\frac{d^2V_1}{dt^2} + MC_1\frac{d^2V_1}{dt^2} + C_2R_2\frac{dV_2}{dt} + V_2 = 0. \qquad (9)$$

En éliminant une variable entre ces deux équations différentielles simultanées, on arrive à l'équation définitive

$$\left.\begin{aligned}&(L_1L_2 - M^2)\,C_1C_2\frac{d^4V_2}{dt^4} + (L_1R_2 + L_2R_1)\,C_1C_2\frac{d^3V_2}{dt^3}\\ &+ (R_1R_2C_1C_2 + L_1C_1 + L_2C_2)\frac{d^2V_2}{dt^2} + (R_1C_1\\ &+ R_2C_2)\frac{dV_2}{dt} + V_2 = 0.\end{aligned}\right\} \qquad (10)$$

On obtient une équation peu différente avec le circuit de la figure 2. Ces équations ne sont autres que les équations usuelles pour les circuits si largement couplés employés en télégraphie sans fil, et leur application au présent cas ne diffère du calcul ordinaire que par la nature des conditions initiales à satisfaire.

La solution générale de l'équation (10) est

$$V_2 = A_1e^{m_1t} + A_2e^{m_2t} + A_3e^{m_3t} + A_4e^{m_4t}, \qquad (11)$$

où m_1, m_2, m_3 et m_4 sont les racines de l'équation du 4e degré

$$\left.\begin{aligned}&m^4 + \frac{L_1R_2 + L_2R_1}{L_1L_2 - M^2}\,m^3 + \frac{R_1R_2 + \frac{L_1}{C_2} + \frac{L_2}{C_1}}{L_1L_2 - M^2}\,m^2\\ &+ \frac{\frac{R_1}{C_2} + \frac{R_2}{C_1}}{L_1L_2 - M^2}\,m + \frac{1}{(L_1L_2 - M^2)\,C_2C_1} = 0.\end{aligned}\right\} \qquad (12)$$

Il est facile de voir que cette équation ne comporte que trois types de solutions, desquels nous retiendrons le seul à

Digitized by Google

considérer dans le cas des circuits de magnétos; c'est celui auquel correspond la forme de solution

$$i_2 = e^{\alpha_1 t}(A_1 \sin\beta_1 t + B_1 \cos\beta_1 t) + e^{\alpha_2 t}(A_2 \sin\beta_2 t + B_2 \cos\beta_2 t), \quad (13)$$

où A_1, A_2, B_1, B_2 sont des constantes d'intégration, et $\alpha_1 \pm \beta_1 j$, $\alpha_2 \pm \beta_2 j$ sont les racines de l'équation (12), dans le cas que nous considérons ici où ces racines sont complexes et sont conjuguées deux à deux. Les équations en V_1, i_1 et i_2 sont de même forme, mais avec des constantes d'intégration différentes.

L'équation (13) montre que V_2 est la somme de deux termes périodiques de fréquences

$$f_1 = \frac{\beta_1}{2\pi} \quad \text{et} \quad f_2 = \frac{\beta_2}{2\pi}.$$

La variation de la chute de potentiel et de l'intensité du courant en fonction du temps, qui correspond à cette fonction, est visible sur les figures 3, 5 et 7 pour quelques cas particuliers.

Si l'amortissement est négligeable, les deux fréquences sont données par l'équation

$$f^2 = \left(\frac{1}{2\pi}\right)^2 \frac{L_1C_1 + L_2C_2 \pm \sqrt{L_1C_1 + L_2C_2)^2 - 4(L_1L_2 - M^2)C_1C_2}}{(L_1L_2 - M^2)C_1C_2}. \quad (14)$$

Il est facile de voir que, le couplage magnétique étant rendu plus parfait, la fréquence f_2 qui correspond à la racine négative reste approximativement constante, tandis que l'autre fréquence f_1 s'accroît de plus en plus, variant dans le même sens que $\frac{1}{L_1L_2 - M^2}$, tandis que le terme correspondant de l'équation (13) décroît en amplitude à peu près dans le même rapport. Les figures 4, 6 et 8 montrent, pour trois séries typiques de valeurs, les pulsations correspondantes de l'énergie emmagasinée sous diverses formes dans différentes parties du circuit.

Voici maintenant quelques exemples numériques.

Le cas I (fig. 3 et 4) correspond à une valeur de la constante k^2 égale à 0,60. L'existence des deux oscillations est très visible sur ces courbes.

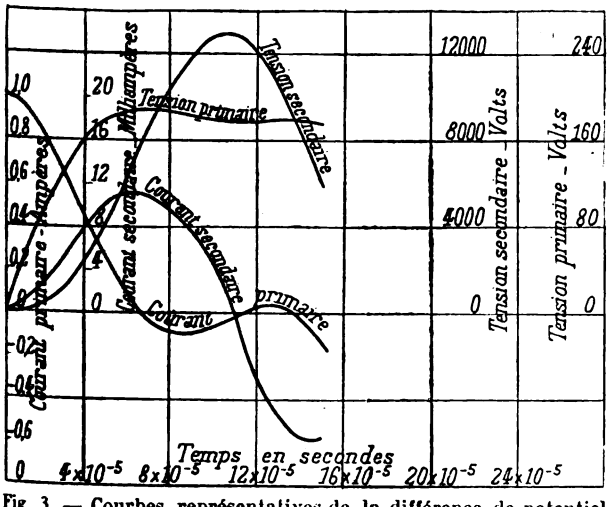


Fig. 3. — Courbes représentatives de la différence de potentiel et de l'intensité pendant la période 2, pour le modèle à double bobine ayant: $R_1 = 0{,}5$ ohm; $L_1 = 0{,}015$ H; $C_1 = 0{,}2$ µF; $R_2 = 2500$ ohms; $L_2 = 36$ H; $C_2 = 50.10^{-6}$ µF; $k^2 = 0{,}60$.

On peut noter qu'à l'instant $t = 11.10^{-5}$ seconde, pour lequel la différence de potentiel V_2 entre les extrémités du secondaire est maximum, la même grandeur V_1 relative au primaire est minimum; et la figure 4 montre que l'énergie

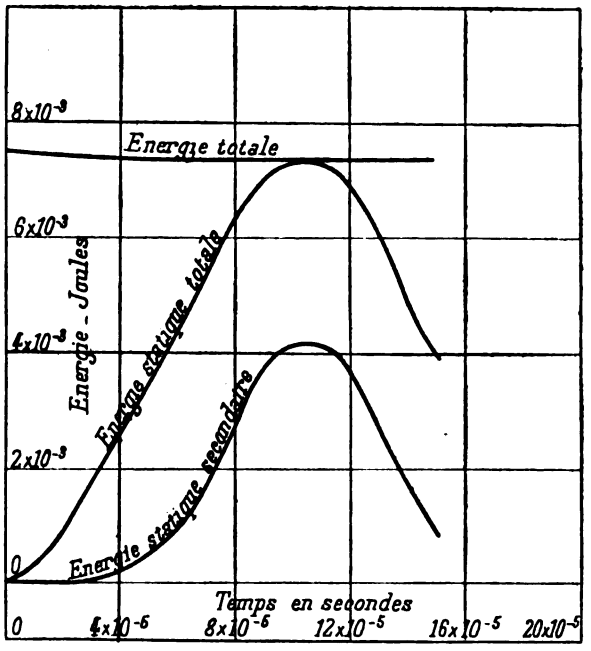


Fig. 4. — Variations de l'énergie avec le temps, pour le modèle à double bobine, cas I.

magnétique (différence entre l'énergie totale et l'énergie statique totale) est très petite à cet instant. En conséquence, les conditions sont alors très favorables pour la production d'une chute de potentiel élevée au secondaire, et une partie relativement grande de l'énergie totale fournie est utilisable pour charger le condensateur secondaire et produire une différence de potentiel élevée entre ses armatures.

Le cas II correspond aux mêmes circuits, à ceci près que

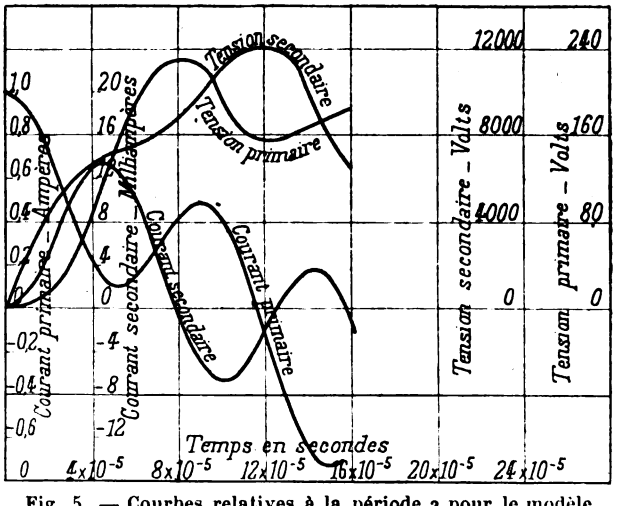


Fig. 5. — Courbes relatives à la période 2 pour le modèle à double bobine, pour lequel $k^2 = 0{,}80$.

le coefficient d'induction mutuelle qui leur correspond a été accru de façon à rendre la quantité k^2 égale à 0,80. Le couplage est, encore dans ce cas, nettement moins parfait que celui qui existe dans les magnétos usuelles. La figure 5,

Digitized by Google

qui correspond à ce cas, montre un décalage des courbes, dont il résulte que le maximum de chute de potentiel au secondaire ne correspond plus à un minimum de chute au primaire. Au temps correspondant ($t = 8.\ 10^{-5}$ seconde), il y a une quantité très considérable d'énergie emmagasinée dans le circuit magnétique et il y a moins d'énergie utilisable pour charger le condensateur secondaire. La figure 6

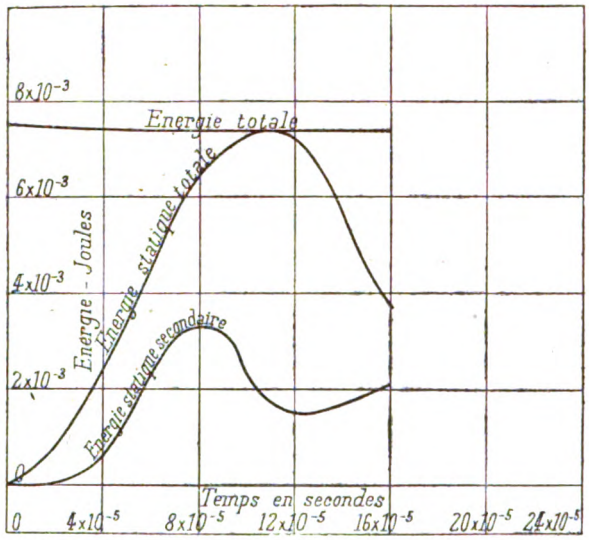


Fig. 6. — Variations de l'énergie avec le temps, dans le cas II du modèle à double bobine.

indique les variations d'énergie avec le temps qui correspondent à ce cas.

Le cas III correspond au même système de circuits avec un couplage encore plus étroit : $k^2 = 0{,}92$. Cette valeur est typique pour beaucoup de magnétos. De plus, les résistances des deux enroulements ont été portées arbitrairement à cinquante fois celle du fil métallique, afin de représenter le mieux possible l'effet des pertes dans le fer. L'effet principal de l'accroissement de la perfection du couplage magné-

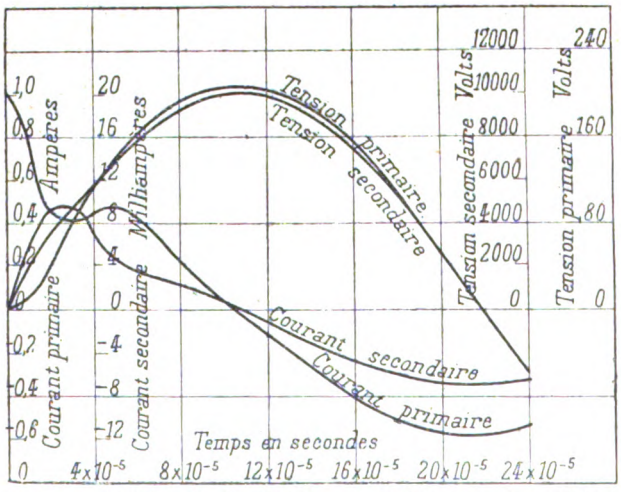


Fig. 7. — Courbes de la période 2 calculées pour le modèle à double bobine ayant $R_1 = 25$ ohms ; $L_1 = 0{,}015$ H ; $C_1 = 0{,}2$ µF ; $R_2 = 125\,000$ ohms ; $L_2 = 36$ H ; $C_2 = 50.10^{-6}$ µF ; $k^2 = 0{,}92$.

tique est d'augmenter fortement la fréquence de la composante à courte période et de réduire son amplitude (fig. 7). L'accroissement de résistance produit un rapide amortissement des oscillations, et cet amortissement est beaucoup plus grand pour la composante à haute fréquence, de sorte qu'à l'instant $t = 10.10^{-5}$ seconde, où la différence de potentiel au secondaire approche de sa valeur maximum, cette composante est pratiquement négligeable.

Les courbes de la figure 8 montrent que, malgré l'accrois-

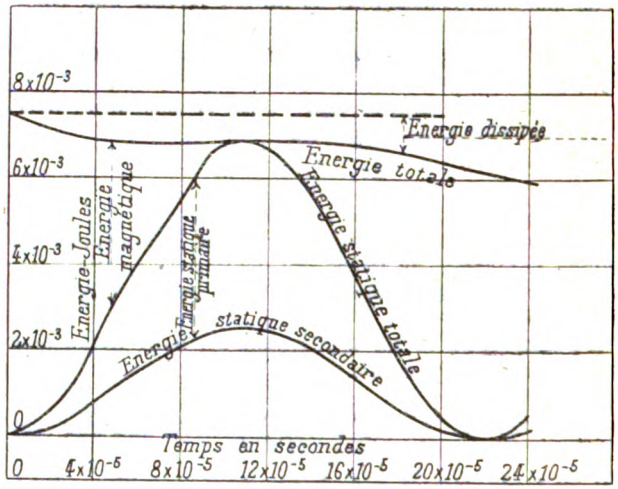


Fig. 8. — Variations de l'énergie en fonction du temps, dans le cas III du modèle à double bobine.

ment de l'amortissement, la perte d'énergie est encore plutôt faible, quoique appréciable. Il faut noter aussi que la différence de potentiel au primaire correspond à la même forme d'onde que celle du secondaire et se trouve en phase avec elle.

L'expérience montre que le modèle dans le cas III correspond, en gros, aux formes d'ondes réelles observées sur les magnétos.

Ce modèle à double bobine présente, on le voit, certains avantages pour la prévision des phénomènes dans les magnétos, mais il a l'inconvénient de donner lieu à des calculs très laborieux, ce qui limite forcément son emploi.

b) Modèle a une seule bobine. — Au contraire, le modèle à une seule bobine, représenté schématiquement en figure 9, se prête à une étude mathématique bien plus simple.

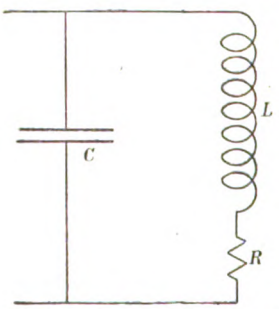


Fig. 9. — Circuit du modèle à une seule bobine.

L'équation différentielle est

$$LC\,\frac{d^2V}{dt^2} + RC\,\frac{dV}{dt} + V - E = 0. \qquad (15)$$

où E est une force électromotrice constante, engendrée par la rotation.

La solution de l'équation (15), en tenant compte des condi-

Digitized by Google

tions initiales et en posant $C\frac{dV}{dt} = I_0$ pour l'instant $t = 0$, est la suivante

$$V = \frac{I_0}{C(\alpha_1 - \alpha_2)}(e^{\alpha_1 t} - e^{\alpha_2 t}) + E, \qquad (16)$$

ou

$$V = \frac{I_0}{\beta C} e^{\alpha t} \sin \beta t + E, \qquad (17)$$

formule dans laquelle

$$\left.\begin{array}{ll} I_0 = \text{intensité initiale du courant} & \alpha_1 = -b + \sqrt{b^2 - d^2} \\ b = \frac{R}{2L} = -\alpha & \alpha_2 = -b - \sqrt{b^2 - d^2} \\ d = \frac{1}{\sqrt{LC}} & \beta = \sqrt{d^2 - b^2}. \end{array}\right\} \qquad (18)$$

L'équation (17) s'applique aux cas où $b^2 > d^2$ et l'équation (18) aux cas plus fréquents où $b^2 < d^2$. La valeur maximum atteinte par V dans le premier cas est égale à

$$V_m = \frac{-I_0}{C\alpha_2} y^{\frac{y}{1-y}} + E, \qquad (19)$$

où

$$y = \frac{\alpha_1}{\alpha_2}.$$

Si l'amortissement est très grand, on a

$$V = \frac{I_0 L}{RC}\left(e^{-\frac{t}{RC}} - e^{-\frac{Rt}{L}}\right) + E, \qquad (20)$$

et alors

$$V_m = \frac{I_0 L}{RC} + E. \qquad (21)$$

De même, dans le cas où il y a oscillations, la différence de potentiel maximum a pour valeur

$$V_m = \frac{I_1}{dC} e^{\frac{\alpha}{\beta}\operatorname{arctg}\frac{\beta}{\alpha}} + E. \qquad (22)$$

Si l'amortissement est très petit, on obtient

$$V = I_0\sqrt{\frac{L}{C}}\, e^{-\frac{Rt}{2L}} \sin\frac{t}{\sqrt{LC}} + E, \qquad (23)$$

et

$$V_m = I_0\sqrt{\frac{L}{C}} + E. \qquad (24)$$

En construisant les courbes représentatives relatives pour ce modèle, il est facile de constater que, par un choix convenable de l'inductance, de la résistance et de la capacité, le modèle à une bobine reproduit dans leur caractère essentiel les propriétés de circuits plus compliqués.

On peut voir, en outre, sur les équations qui précèdent, que la différence de potentiel maximum V_m apparaît comme étant proportionnelle à I_0, dans la mesure où le terme constant E est négligeable; une proportionnalité similaire existe dans les autres types de modèles. Le rapport $\frac{V_m}{I_0}$ est en conséquence indiqué pour exprimer les propriétés du modèle considéré. Comme cette quantité a les dimensions d'une impédance elle sera désignée sous le nom d'*impédance impulsive* du système, et représentée par Z dans ce qui va suivre.

Passons au cas où les extrémités du secondaire sont shuntées par une résistance S. La figure 10 montre la forme du circuit dans ce cas. En considérant V comme positif lorsque l'armature supérieure du condensateur est chargée positivement, on obtient, par application des lois de Kirchhoff,

$$i_w + i_s + i_c = 0, \qquad (25)$$

$$V = -i_w R - L\frac{di_w}{dt} + E, \qquad (26)$$

$$i_c = -C\frac{dV}{dt}, \qquad (27)$$

$$i_s = -\frac{V}{S}. \qquad (28)$$

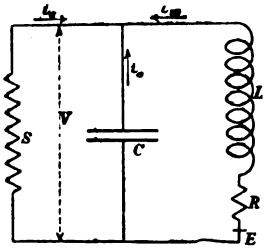


Fig. 10. — Modèle de la bobine unique shuntée par une résistance.

En combinant ces équations, on obtient

$$\frac{d^2V}{dt^2} + \left(\frac{R}{L} + \frac{1}{SC}\right)\frac{dV}{dt} + \left(\frac{1}{LC} + \frac{R}{LSC}\right)V - \frac{E}{LC} = 0, \qquad (29)$$

qui devient

$$L'C'\frac{d^2V}{dt^2} + RC'\frac{dV}{dt} + V - E' = 0, \qquad (30)$$

en posant

$$L' = L; \quad R' = R + \frac{L}{SC}; \quad C' = C\frac{S}{R+S}; \quad E' = E\frac{S}{R+S}. \qquad (31)$$

On voit que l'équation (30) a même forme que l'équation (15) ci-dessus, de sorte que le modèle à une bobine, lorsqu'il est shunté, est équivalent à une bobine non shuntée ayant la résistance et la capacité fictives données par l'équation (31). Il faut noter, cependant, que les conditions initiales pour $t = 0$ du modèle non shunté sont

$$i_w = I_0 \quad \text{et} \quad V = E, \qquad (32)$$

et non les relations

$$C\frac{dV}{dt} = I_0 \quad \text{et} \quad V = E', \qquad (33)$$

qui résulteraient de l'application stricte de l'analogie.

La résolution des équations précédentes donne, dans le cas d'un circuit où l'amortissement serait très élevé,

$$V = \frac{I_0}{C(\alpha'_1 - \alpha'_2)}(e^{\alpha'_1 t} - e^{\alpha'_2 t}) + E'\left[\frac{S}{R+S} + \left(\frac{1}{SC} + \frac{R\alpha'_1}{R+S}\right)\frac{e^{\alpha'_2 t}}{\alpha'_1 - \alpha'_2} - \left(\frac{1}{SC} + \frac{R\alpha'_2}{R+S}\right)\frac{e^{\alpha'_1 t}}{\alpha'_1 - \alpha'_2}\right], \qquad (34)$$

ou, si E est négligeable,

$$V = \frac{I_0}{C(\alpha'_1 - \alpha'_2)}(e^{\alpha'_1 t} - e^{\alpha'_2 t}), \qquad (34)$$

α'_1 et α'_2 étant obtenus à partir de L', R' et C' au moyen des équations (18). Il est intéressant de remarquer que, lorsque la résistance S est assez petite pour produire un très brusque amortissement, et rendre d^2 tout à fait négligeable par rapport à b^2, on a la relation simple,

$$V_m = I_0 S. \qquad (36)$$

Digitized by Google

Cette relation, naturellement, aurait pu être écrite directement, la totalité du courant de la bobine passant alors à travers cette résistance S Dans la plupart des circuits d'allumage dans lesquels l'éclateur est encrassé au point de supprimer l'allumage, cette condition est presque exactement remplie, et une connaissance de la résistance S et du

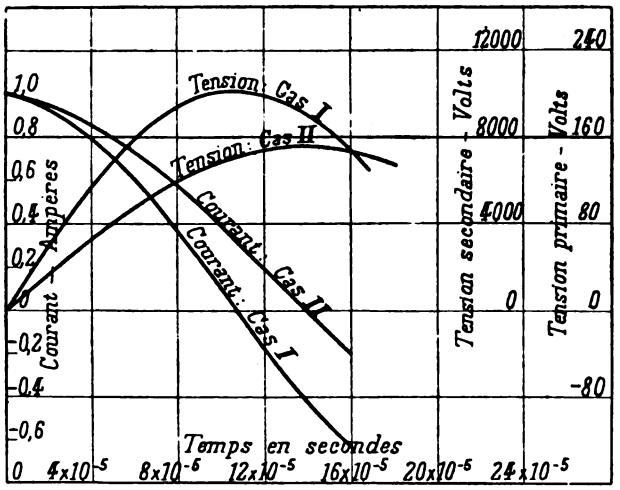


Fig. 11. — Effet de l'addition d'une capacité sur les courbes de différence de potentiel et d'intensité de courant pendant la période 2, pour le modèle à une seule bobine.

Cas I : $L = 0.015$ H ; $C = 0,32$ µF ; $R = 16,8$ ohms ; $n = 49$. — Cas II : mêmes constantes, avec capacité additionnelle de 100 µF, en parallèle avec le secondaire.

potentiel explosif fournit le moyen de décider si oui ou non, on pourra obtenir l'étincelle.

Si cette résistance n'est pas faible au point de produire un

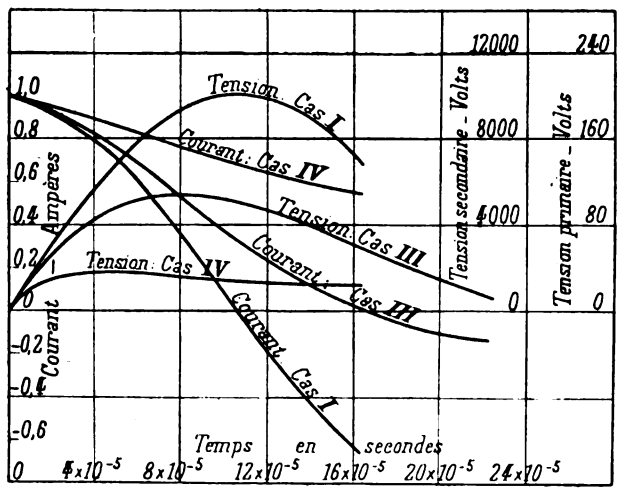


Fig. 12. — Effet d'une résistance formant shunt sur les courbes de différences de potentiel et d'intensité de courant pendant la période 2, pour le modèle à une seule bobine

Cas I. $L = 0,015$ H ; $C = 0,32$ µF ; $R = 16,8$ ohms ; $n = 49$. — Cas III. Addition d'un shunt de 500 000 ohms sur le secondaire. — Cas IV. Addition d'un shunt de 100 000 ohms sur le secondaire.

amortissement excessif et si E est négligeable, la solution de l'équation devient

$$V = \frac{I_0}{C\beta}\, e^{\alpha t} \sin \beta' t. \qquad (37)$$

Les équations (16), (17), (35) et (37) permettent de calculer les variations de différence de potentiel, d'intensité de courant et d'énergie, en fonction du temps, dans diverses conditions. Les résultats obtenus dans plusieurs cas particuliers sont représentés par les courbes des figures 11, 12 et 13.

Dans la plupart des cas, c'est seulement la différence de potentiel maximum de la première oscillation qui importe,

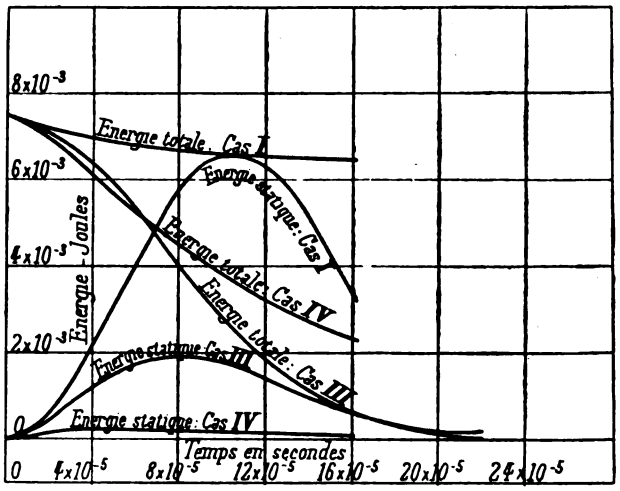


Fig. 13. — Variations de l'énergie en fonction du temps pour le modèle à une seule bobine et diverses résistances du shunt. (Les cas indiqués sur les courbes correspondent à ceux des figures 11 et 12.)

et qui est donnée par les équations (19), (21), (22) et (24), et l'effet de quantités telles que la capacité et la résistance du shunt sur la différence de potentiel peut être représenté directement par des courbes dans lesquelles ces valeurs physiques sont comparées avec les résultats expérimentaux.

On peut supposer, par exemple, que l'énergie initiale $\frac{1}{2} LI_0^2$ est emmagasinée pour la suite du cycle avec une perte relativement petite dans le condensateur C ; alors la différence de potentiel résultante peut être calculée au moyen de la relation

$$\tfrac{1}{2} L I_0^2 = \tfrac{1}{2} C V_m^2 \quad \text{ou} \quad V_m = I_0 \sqrt{\frac{L}{C}}. \qquad (38)$$

On peut supposer au contraire que, pour de très grandes valeurs de la résistance, la différence de potentiel maximum tend vers une valeur constante donnée par la relation précédente, tandis qu'avec de très faibles valeurs de la résistance du shunt la relation linéaire simple de l'équation (36) s'applique. Il en résulte une relation simple, basée sur ce fait, entre l'impédance impulsive et la résistance qui shunte l'éclateur.

La simplicité relativement grande du modèle à une bobine, outre les avantages déjà signalés, a celui de se prêter, moyennant une très légère extension, à une description qualitative du cycle complet de la magnéto. La figure 14 représente le modèle à une bobine ainsi étendu par addition d'éléments correspondant au rupteur primaire et à l'éclateur, et avec sa capacité totale formée de nouveau des deux composantes C_1 et C_2, dont elle était originairement composée.

On voit que ce modèle consiste approximativement en au moins deux conducteurs parfaits AA et BB, entre lesquels peuvent être connectés cinq circuits en parallèle. Au commencement du cycle, pendant ce qu'on peut appeler la période 1, le rupteur b est fermé, et les circuits w et b jouent le rôle principal. Pendant cette période, la rotation de l'ar-

Digitized by Google

mature entre les pôles de l'aimant produit un courant dans le circuit ainsi fermé ; ce courant, à l'instant de la rupture, a atteint une valeur I_0. Les conditions sont alors brusquement changées par l'élimination du circuit b du système et on a

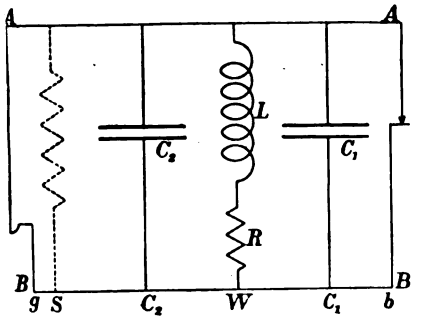


Fig. 14. — Modèle à bobine unique étendu pour représenter un cycle complet de la magnéto.

la bobine w, chargeant les deux condensateurs en parallèle C_1 et C_2, par le courant initial I_0. Cela continue jusqu'à ce que, bientôt après, la différence de potentiel, entre les armatures de C_2 et entre les électrodes de l'éclateur g, atteigne le potentiel explosif qui correspond à leur distance.

Le plus souvent, cela se produit avant que l'intensité du courant I_0 ait pu décroître sensiblement, et avant qu'une portion sensible de l'énergie magnétique ait été emmagasinée dans les deux condensateurs. Lorsque l'étincelle rend conducteur l'intervalle d'air de l'éclateur g, ce qui se produit avec une très grande rapidité, on a pendant la première période, très courte, la décharge des deux condensateurs à travers l'étincelle, de sorte qu'il n'y a plus à considérer que le circuit g en série avec la combinaison de C_1 et C_2 en parallèle. Actuellement, la réactance de l'enroulement due aux fuites magnétiques, quoique presque négligeable pendant la deuxième période, est d'importance fondamentale pendant la troisième période, à cause de la très haute fréquence des oscillations du circuit g C_2 C_1. En conséquence, on peut s'attendre à ce que tout d'abord seul le condensateur C_2 se décharge à travers l'étincelle, et à ce que la décharge de C_1 suive au bout d'un temps sensiblement postérieur, suivant l'établissement du champ magnétique nécessité par le flux de fuite de l'enroulement. A la fin de cette première période qui est d'extrêmement courte durée, on a la bobine w en série avec l'éclateur g, circuit maintenant interrompu, et pouvant être considéré comme remplacé par une résistance relativement élevée (10 000 à 40 000 ohms sur le secondaire) à travers laquelle la bobine peut se décharger. Cette décharge a lieu pendant ce que nous avons appelé la quatrième période et continue d'ordinaire jusqu'à ce que toute la réserve d'énergie soit dissipée.

Cet intervalle relativement de grande durée (0,001 à 0,008 seconde) correspond à ce qu'enregistre un oscillographe connecté en série avec l'éclateur. Si toute la réserve d'énergie est dissipée avant que le contact b ne soit fermé, il ne se produit plus rien, jusqu'à ce que commence la période 1 du cycle suivant. Si, cependant, la came est assez courte, ou la vitesse de rotation de la magnéto assez grande pour que le rupteur b ferme le circuit avant l'épuisement de la réserve d'énergie, on a alors à considérer le circuit b de résistance relativement faible, en parallèle avec le circuit g de grande résistance, l'un et l'autre étant alimentés par la bobine w. Le résultat est que la plus grande partie du courant traverse le circuit b et, en raison de la curieuse caractéristique des coupures à étincelle (qui indique que leur résistance croît rapidement lorsque le courant qui les traverse diminue), tout le courant est détourné du circuit g au circuit b, et l'étincelle s'éteint très brusquement. De plus, les condensateurs qui ont été précédemment chargés à une différence de potentiel relativement faible (par exemple 1 200 v sur le secondaire) se déchargent maintenant rapidement, et probablement selon le mode oscillant, à travers le circuit b, pendant un court intervalle, qui peut être appelé la cinquième période. Après la cessation de cette décharge du condensateur, la bobine peut encore continuer à envoyer un courant intense à travers le circuit b, pendant ce qui peut être appelé la sixième période, jusqu'à ce que la provision d'énergie soit finalement épuisée.

Ainsi, on voit que cette conception du modèle à une seule bobine monté selon la figure 14 est de grande utilité pour analyser les résultats des essais des magnétos à l'oscillographe, et qu'elle indique les raisons des relations quantitatives existant entre les changements correspondants de l'intensité du courant dans le primaire et dans le secondaire, changements qui résultent de l'ouverture ou de la fermeture du rupteur ou de fluctuations dans la résistance du circuit.

Il est évident que l'addition d'un sixième circuit, S, contenant une résistance, et indiqué en lignes ponctuées, sert à rendre compte de la présence d'un shunt en dérivation sur l'éclateur.

c) Modèle a bobine fermée. — Les deux modèles discutés plus haut ne peuvent expliquer les pertes d'énergie dans le fer du circuit magnétique que par l'artifice d'un accroissement arbitraire de résistance d'une bobine, ou des deux bobines du modèle. Mais cette manière de faire n'est théoriquement pas satisfaisante, puisqu'elle implique que la perte d'énergie est proportionnelle au carré de l'intensité du courant qui traverse l'enroulement, ce qui n'est en général pas correct. La perte dans le fer consiste en une certaine perte par hystérésis, à laquelle s'ajoute la dissipation d'énergie qui résulte des courants de Foucault induits dans le noyau de fer conducteur du fait de la grande vitesse de variation du flux.

Dans la marche normale de la magnéto, le changement magnétique qui se produit pendant la période 2 consiste en une soudaine décroissance du flux magnétique, et l'énergie perdue de ce fait peut être estimée en considérant l'écart existant entre la courbe de la force magnétomotrice réelle du circuit magnétique et la droite idéale qui correspondrait à un circuit ne donnant pas lieu à cette perte d'énergie. Certaines mesures ont montré que l'effet dû à l'hystérésis peut être négligé sans erreur sensible. La plus grande partie de la perte due au fer résulte de l'existence des courants de Foucault, et en conséquence leur effet peut, en première approximation, être représenté par la présence d'un enroulement tertiaire fermé, couplé inductivement à l'enroulement réel du noyau et possédant une certaine résistance, une inductance et une certaine inductance mutuelle par rapport à l'enroulement. L'addition d'un tel circuit tertiaire au modèle à double bobine conduirait à un échafaudage de circuits trop complexe pour pouvoir être utilisé, et il est plus indiqué d'ajouter le circuit tertiaire fermé au modèle à une bobine qui vient d'être étudié ; on obtient ainsi un circuit, que représente la figure 15 qui sera appelé *modèle à bobine fermée*.

Il est facile de voir que le fonctionnement de l'enroulement externe ne sera pas affecté si, à un circuit hypothétique tertiaire particulier, on substitue un circuit alternatif dans lequel

$$L'_e = p^2 L_e ; \quad M'_e = p M_e ; \quad R'_e = p^2 R_e .$$

Il apparaît en conséquence que les phénomènes dont l'en-

Digitized by Google

roulement réel est le siège ne dépendent que de deux constantes de la bobine tertiaire, et non des trois constantes L_e, R_e, M_e, comme il semble à première vue. Les plus indi-

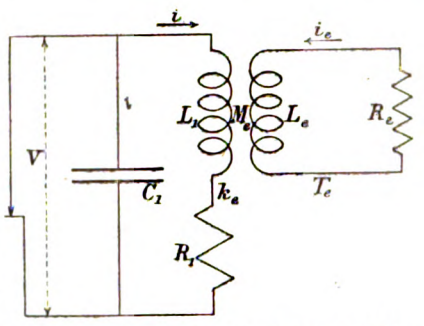


Fig. 15. — Circuits du modèle de magnéto à bobine fermée.

quées de ces constantes à introduire dans les calculs sont le coefficient de couplage

$$k_e = \sqrt{\frac{M_e^2}{L_1 L_2}}, \qquad (39)$$

et la constante de temps T_e du circuit, définie par la relation

$$T_e = \frac{L_e}{R_e}. \qquad (40)$$

En appliquant les lois de Kirchhoff au circuit de la figure (15), on obtient

$$L_e \frac{di_2}{dt} + R_e i_e + M_e \frac{di_1}{dt} = 0. \qquad (41)$$

$$L_1 C_1 \frac{d^2V}{dt^2} + M_e \frac{di_e}{dt} + R_1 C_1 \frac{dV}{dt} + V = E_1. \qquad (42)$$

qui, combinées avec les équations (39) et (40), donnent

$$T_e (1 - k_e^2) L_1 C_1 \frac{d^3V}{dt^3} + \left(1 + \frac{R_1 T_e}{L_1}\right) L_1 C_1 \frac{d^2V}{dt^2} + \left(1 + \frac{T_e}{R_1 C_1}\right) R_1 C_1 \frac{dV}{dt} + V - E_1 = 0. \qquad (43)$$

E_1 peut, d'ordinaire, être négligée ou éliminée par un changement de variables. De toutes façons, la solution de l'équation (43) repose sur celle de l'équation auxiliaire correspondante.

$$T_e (1 - k_e^2) L_1 C_1 m^3 + \left(1 + \frac{R_1 T_e}{L_1}\right) L_1 C_1 m^2 + \left(1 + \frac{T_e}{R_1 C_1}\right) R_1 C_1 m + 1 = 0. \qquad (44)$$

Les conditions initiales sont

$$V = E_1, \quad i_1 = I_0 \text{ et } i_e = 0 \text{ pour } t = 0.$$

Dans l'emploi pratique du modèle à bobine fermée, il est rarement nécessaire de calculer une solution directe de l'équation (44), et il est plus facile d'obtenir une racine m_1 par approximations successives. La racine m_1 a la valeur $-\frac{1}{T_e}$ pour les grandes valeurs de T_e et la valeur

$$\frac{1}{L_e (1 - k_e^2)},$$

odur de petites valeurs de T_e, de sorte qu'un première valeur prise entre ces limites donne une première bonne approximation.

On peut transposer l'équation (44) sous la forme

$$\frac{1}{T_e} = -\left(m - \frac{k_e^2 L_1 C_1 m^3}{L_1 C_1 m^2 + R_1 C_1 m + 1}\right), \qquad (45)$$

et on peut substituer dans le deuxième membre plusieurs valeurs de m_1 et calculer la valeur correspondante de T_e. On peut alors tracer un graphique auxiliaire avec T_e en ordonnées et m_1 en abscisses, et on lit facilement la valeur précise de m_1 qui correspond à la valeur exacte de T_e. On peut alors abaisser d'un degré l'équation cubique en la divisant par

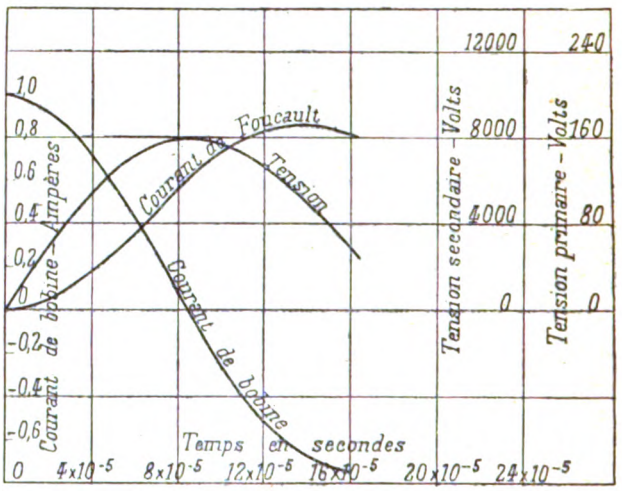


Fig. 16. — Courbes représentatives de l'intensité du courant et de la différence de potentiel, pendant la période 2, calculées pour le modèle à bobine fermée pour laquelle $R_1 = 0{,}33$ ohm ; $L_1 = 0{,}015$ H ; $C_1 = 0{,}325$ µF ; $k_e^2 = 0{,}5$; $T_e = 1{,}80 \times 10^{-4}$ s.

l'expression $(m - m_1)$, et l'équation du deuxième degré qui résulte de cette opération est alors résolue aisément par les méthodes usuelles. La différence de potentiel maximum est déterminée graphiquement.

La figure 16 indique les courbes du courant et de la tension relatives à ce modèle, dans un cas particulier ; on en déduirait les variations d'énergie en fonction du temps, comme ci-dessus.

Le travail se termine par la description d'une série de méthodes de mesure des constantes R, L, C, etc., pour lesquelles le lecteur devra se reporter au mémoire.

Enfin, diverses expériences de contrôle ont permis de constater que les divers modèles proposés dans ce travail ne s'écartent pas beaucoup, dans leur fonctionnement, de la magnéto réelle, et on peut espérer, en particulier que le modèle à une seule bobine, à cause de sa simplicité, soit capable de rendre des services pour l'établissement de modèles de magnétos. Cependant, un grand nombre d'expériences seront nécessaires pour confirmer la validité des modèles ici proposés, lorsqu'il s'agira de représenter des types de magnétos très différents du type usuel, et pour indiquer l'ordre de grandeur des quantités qui interviennent dans des cas déterminés. Les mesures déjà faites montrent que la quantité T_e constitue une mesure quantitative bien définie de l'effet des courants de Foucault, et qu'une étude des valeurs de cette quantité dans des magnétos ayant des feuilletages de diverses épaisseurs paraît devoir être très importante.

L. B.

Digitized by Google

SECTION INDUSTRIELLE

La commande électrique des grands postes d'aiguilles et signaux de chemins de fer

La cabine « Aster » de Pontoise

La commande des grands postes d'aiguilles et signaux de chemins de fer fait, depuis de longues années, l'objet des préoccupations des directeurs de réseaux en vue d'augmenter toujours la sécurité des mouvements et de faciliter l'accomplissement du travail du personnel de ces postes. L'emploi des leviers d'itinéraires avec commande par différents fluides marque un progrès réel. L'auteur décrit un nouveau système qui réalise l'utilisation exclusive de l'électricité et qui a donné jusqu'à présent les meilleurs résultats.

Introduction. — Depuis longtemps, les ingénieurs des chemins de fer se sont préoccupés d'accroître la sécurité des mouvements dans les grandes gares, tout en réduisant au strict minimum la fatigue du personnel des cabines d'aiguillages, et l'attention qui lui est demandée.

On pensa d'abord à substituer, à la commande mécanique individuelle, par câbles et fils ou par transmissions rigides, des aiguilles et signaux, la commande individuelle par fluides (eau sous pression, air raréfié ou comprimé, électricité).

Plus tard, l'emploi des leviers d'itinéraires permit de diminuer notablement le nombre des manœuvres à effectuer en cabine, puisqu'il suffisait de déplacer un seul levier pour commander, dans un ordre déterminé, tous les signaux et aiguilles relatifs à un itinéraire déterminé, puis rendre possible cet itinéraire, tout en établissant en cabine les enclanchements mécaniques indispensables, afin d'assurer la sécurité des mouvements et d'interdire tout mouvement convergent.

Plusieurs systèmes avaient ainsi été étudiés avant la guerre : ce sont ceux de Bleynie et Ducousso, Descubes, Siemens, etc... Les installations réalisées notamment par les chemins de fer de l'Etat belge à Bruxelles-Nord et à Anvers ont donné, dans cet ordre d'idées, les meilleurs résultats.

On a voulu faire mieux encore et s'affranchir des enclanchements mécaniques en cabine, ce qui conduisait à une grande simplification dans l'étude des grands postes.

C'est dans cet ordre d'idées qu'a été réalisé le système de « maximum de mouvement » et « minimum de manœuvres » (M. D. M.) par la Société de Constructions mécaniques l'Aster.

Les premières applications de ce système, faites sur le réseau des chemins de fer du Nord, ont été publiées par M. Moutier (1), chef des services techniques de la compagnie, et par M. Aumont (2).

Dans le système primitif, une clef spéciale est affectée à chaque itinéraire possible. Cette clef porte deux séries de cames pouvant agir sur des plans ajourés — plans d'aiguilles et plans de signaux — qui correspondent chacun à la manœuvre d'une aiguille ou d'un signal. Les clefs sont montées dans un combinateur, suivant une table de Pythagore.

On conçoit que, les cames étant convenablement disposées, elles n'agissent pour un itinéraire déterminé, que sur les plans des aiguilles et des signaux intéressés directement ou indirectement par cet itinéraire, ce qui réalise ainsi automatiquement de véritables enclanchements, puisque le déplacement dans l'un ou l'autre sens de chaque plan, entraîne la commande dans le même sens de l'appareil correspondant. D'ailleurs une canalisation de contrôle est établie pour que, tous les appareils occupant la position voulue, le courant de contrôle revienne au combinateur, passe par un distributeur actionné par le plan de signal de l'itinéraire considéré et se rende enfin au signal dont il autorise l'ouverture.

La première cabine M. D. M. installée en 1908 par le chemin de fer du Nord français, utilisait l'eau sans pression. On employa ensuite l'eau sous pression et l'air comprimé, puis le courant électrique. Déjà, avant la guerre, un certain nombre de cabines M. D. M. étaient en fonctionnement ; nous citerons notamment les installations de Paris-Nord (78 leviers d'itinéraires à la cabine 4), Lille (71 leviers à la cabine 1), Saint-Quentin (61 leviers à la cabine 2), Le Bourget-Triage (56 leviers à la cabine 1), Madrid (55 leviers), Persan-Beaumont (49 leviers à la cabine 3), Conches (39 leviers au poste 30).

(1) *Revue générale des Chemins de fer*, avril 1909.
(2) *Revue générale des Chemins de fer*, septembre 1910.

Digitized by Google

Depuis la guerre, la Compagnie du Chemin de fer du Nord a décidé d'employer très largement le système M. D. M. dans ses principales grandes gares reconstituées, en particulier à Lille (87 leviers), Hirson, Rougebarre, Laon, Aulnoye, Creil et Fives.

Système M. D. M. entièrement électrique. — Un système entièrement nouveau, le système M. D. M. complètement électrique, a été installé récemment à la gare de Pontoise, commune aux réseaux du Nord et de l'Etat, et mis en service le 20 décembre 1920 (fig. 1).

L'installation comprend essentiellement un combinateur installé en cabine, des moteurs d'aiguilles, des moteurs de signaux et des relais de contrôle d'aiguilles.

Combinateur. — C'est l'appareil central situé en cabine, comportant les leviers d'itinéraires et les leviers individuels d'aiguilles, et permettant d'effectuer à distance les commandes et les contrôles des aiguilles et signaux, sous le couvert de tous les enclanchements mécaniques et électriques nécessaires à la sécurité (fig. 2 et 3).

Le combinateur se compose d'un socle formant bâti, qui supporte deux cloisons, dans lesquelles tourillonnent des axes carrés horizontaux portant les cames appropriées aux différents enclanchements et commandes à réaliser par chacun de ces axes. Lesdites cames agissent sur des « plans d'aiguilles », coulissant sur roulements à billes dans des glissières supérieure et inférieure fixées aux cloisons. Un bâti en forme de pupitre, situé à la partie supérieure de l'ensemble, porte, à l'avant, des supports sur lesquels sont fixés les

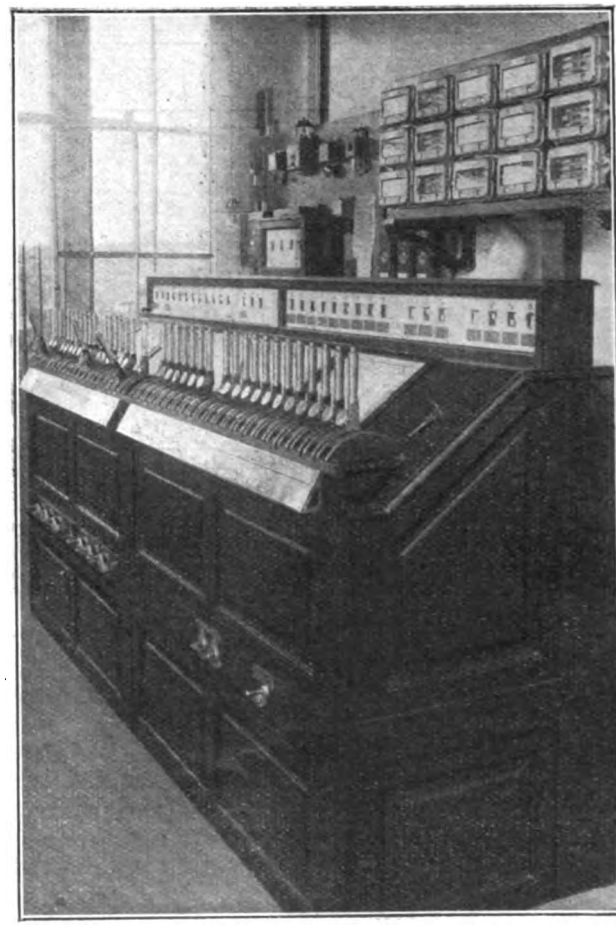


Fig. 2. — L'autocombinateur M. D. M. électrique.

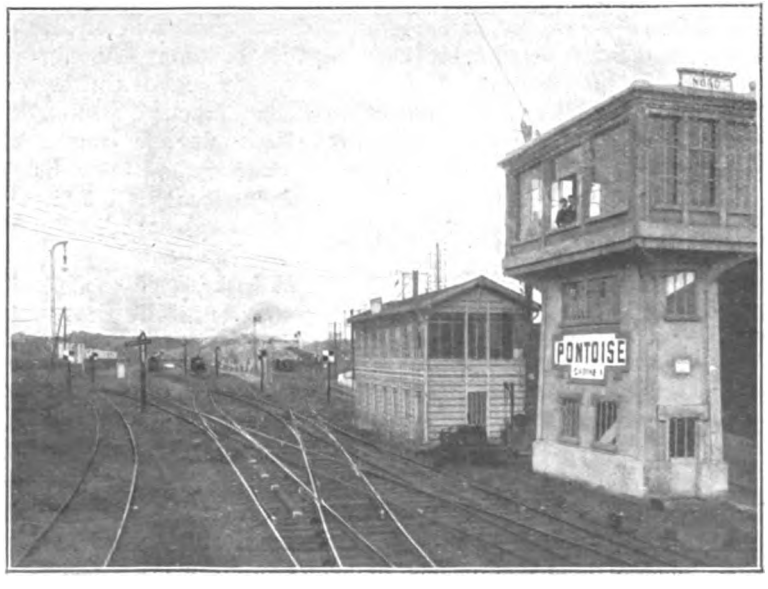


Fig. 1. — Cabine M. D. M. à commande électrique. A droite, la nouvelle cabine électrique ; à gauche, l'ancienne cabine Saxby, aujourd'hui démolie.

leviers d'itinéraire, qui commandent, par secteurs dentés, des crémaillères verticales, lesquelles actionnent par l'intermédiaire de pignons les axes carrés dont il a été question et que nous appellerons axes carrés principaux.

Ceux-ci commandent également, par pignons, des axes carrés verticaux, disposés à l'arrière du combinateur et portent des tambours de contact appropriés aux différents circuits qu'ils ont à établir.

Manœuvre du levier. — *Première position.* — Les leviers d'itinéraires espacés de 6 cm sont maintenus dans la position verticale (de repos) par des taquets qui pénètrent dans un cran des secteurs et que l'on dégage, au moment d'effectuer un itinéraire, en appuyant sur le poussoir situé sur la partie supérieure de la poignée du levier. On peut alors déplacer ce dernier dans l'un ou l'autre sens, jus-

Digitized by Google

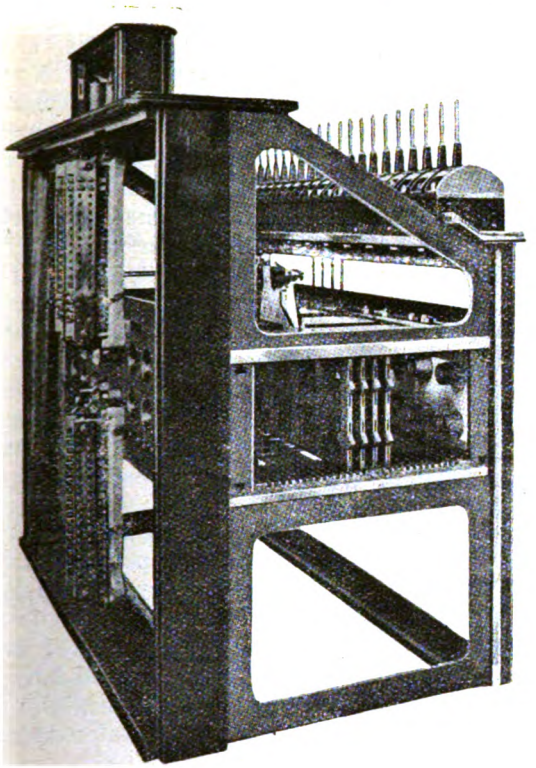


Fig. 3. — Intérieur du combinateur.

qu'à ce qu'on rencontre un premier cran. Par cette première manœuvre, on réalise la commande des plans d'aiguilles voulus par l'intermédiaire de cames appropriées ; ces plans, en se déplaçant, réalisent mécaniquement l'enclanchement entre les autres axes carrés principaux qui sont incompatibles avec celui qui est manœuvré, et, par suite, entre les autres leviers commandant des itinéraires incompatibles. De plus les plans d'aiguilles portent une rampe qui commande, par l'intermédiaire de deux leviers terminés par un galet en matière isolante, l'un ou l'autre de deux ressorts de contact, l'un étant relié à la borne « positive » de la batterie et l'autre, à la terre. Dans cette position du levier d'itinéraire, les aiguilles sont donc commandées et contrôlées. En même temps, l'axe carré principal correspondant a entraîné, en tournant, la rotation d'un axe carré vertical, dont les cames de contact n'ont pas modifié, pendant cette première partie de la course, la nature des circuits établis.

Deuxième position. — En manœuvrant ensuite le levier d'itinéraires jusqu'au deuxième cran, l'axe carré principal entraîne les cames qui confirment les commandes et les enclanchements précédemment réalisés. Mais, les cames de contact de l'axe carré vertical établissent les différents circuits d'ouverture du signal donnant accès à l'itinéraire intéressé.

Positions supplémentaires. — Si on avait à commander également un signal à distance ou un signal annonciateur du précédent, le levier d'itinéraires effectuerait une course supplémentaire jusqu'à un troisième cran, dans les mêmes conditions que précédemment.

Manœuvre inverse. — Si le levier d'itinéraire est manœuvré en sens contraire et ramené à la position de repos, les mêmes actions se détruisent en sens inverse dans l'ordre suivant : fermeture éventuelle du signal à distance, fermeture du signal d'accès à l'itinéraire intéressé, suppression des enclanchements des plans d'aiguilles, commande en position normale des aiguilles qui doivent y revenir.

Le combinateur possède également, sur sa face antérieure, des leviers individuels d'aiguilles, actionnant, par l'intermédiaire d'axes, pignons et crémaillères, les plans d'aiguilles et permettant la commande directe de telle ou telle aiguille.

Commande des aiguilles. — Sur le terrain, chaque aiguille est actionnée par un moteur électrique. En cabine, elle est représentée par un « plan d'aiguille », manœuvrant un commutateur de commande situé dans le combinateur, et par un relais de contrôle.

Moteur d'aiguille. — Le moteur d'aiguille peut fonctionner dans les deux sens et actionner par vis sans fin et roue tangente formant écrou fixe d'une vis axiale, la tige de commande de l'aiguille. Il est renfermé dans un carter en fonte, fermé par un couvercle à joint hermétique (fig. 4 et 5). Celui-ci renferme également un commutateur de commande du moteur et un commutateur de contrôle de la position des lames d'aiguilles.

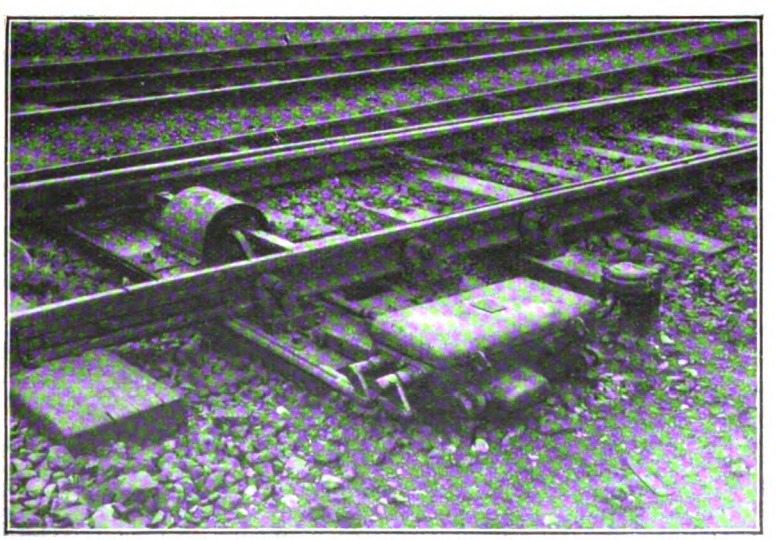


Fig. 4. — Vue d'un moteur d'aiguille.

Digitized by Google

Commutateur de sens de marche. — Ce commutateur de commande du moteur comporte deux ressorts de contact de commande, manœuvrés l'un ou l'autre, suivant le sens dans lequel le moteur doit tourner, par un marteau terminé par un galet en matière isolante et solidaire d'un axe actionné par un levier à fourche; ce dernier est maintenu en position extrême par un taquet, sur lequel agit de haut en bas un ressort antagoniste.

Un peu avant la fin de la course de l'aiguille, le levier à fourche précédent est dégagé ; il se déplace brusque-

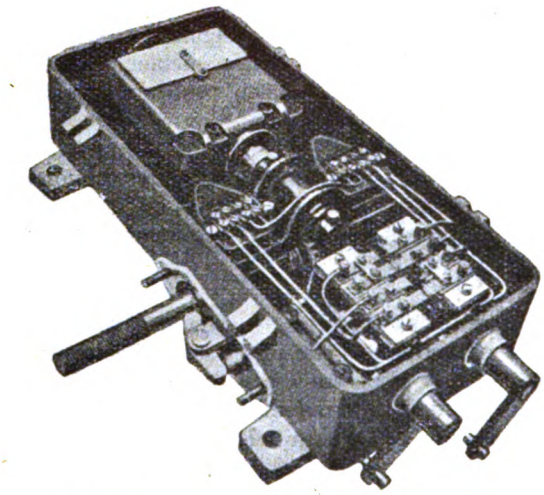


Fig. 5. — Intérieur du moteur d'aiguille.

ment, sous l'action d'un ressort à boudin préalablement comprimé par le mouvement du mécanisme lui-même; il actionne ainsi les deux ressorts de contact de commande par l'intermédiaire du marteau, ce qui a pour effet de couper le courant moteur qui vient d'agir et de préparer le circuit pour la manœuvre inverse.

Commutateur de contrôle. — Il est formé de deux ressorts de contact, correspondant aux deux positions de l'aiguille. Les extrémités des lames d'aiguilles sont reliées, par l'intermédiaire de tringles, à deux manivelles portées à l'avant du carter et actionnant deux axes. Ceux-ci portent des cames présentant, dans des positions bien définies, des encoches dans lesquelles tombent les bossages de leviers terminés par un galet en matière isolante. Ces galets, agissant sur les ressorts de contact de contrôle, leur permettent d'établir le circuit correspondant. D'ailleurs celui-ci ne permet le passage du courant que si les deux manivelles et, par conséquent, les deux lames d'aiguilles, sont dans une bonne position : une lame appliquée, l'autre écartée. En résumé, le contact primitivement établi est détruit dès le début de la course de l'aiguille et le contact opposé n'est rétabli qu'à la fin de la course de l'aiguille.

Cables. — Chaque moteur d'aiguille est relié à l'appareil central par un câble à quatre conducteurs, pénétrant à la partie inférieure du carter et maintenu en place par une bride formant joint étanche. Le câble est ensuite dénudé jusqu'au plomb et serré par un cône en matière plastique conductrice, emmanché à force pour former joint étanche, de façon à empêcher toute rentrée d'eau et mettre en contact d'une manière parfaite la masse du moteur d'aiguille et celle du plomb, qui forme le retour en cabine des circuits de commande.

Le câble en plomb pénètre ensuite dans une boîte de jonction à bornes indesserrables.

Le moteur d'aiguille est disposé de façon à recevoir un deuxième câble connecté sur une deuxième boîte de jonction. Le câble à quatre conducteurs partant de l'appareil central pénètre dans le premier moteur rencontré, puis en sort de façon à rejoindre le deuxième moteur d'aiguille conjugué avec le premier.

Fixation du moteur. — Le moteur d'aiguille est situé à l'extérieur de la voie et supporté par un châssis en fer rigide fixé aux extrémités des traverses voisines. Il est placé de façon que la tige soit en face du point d'attaque de l'aiguille, et commande celle-ci directement par l'intermédiaire d'une barre réglable avec écrous et contre-écrous, ou par l'intermédiaire d'une barre réglable manœuvrant un verrou talonnable.

Relais de contrôle d'aiguille. — Après avoir actionné le moteur d'aiguille, le courant électrique, passant par le commutateur de contrôle, retourne à la cabine et actionne le relais de contrôle de l'aiguille. Cet appareil peut occuper deux positions extrêmes, correspondant à celles de l'aiguille sur le terrain ; il est maintenu dans l'une ou l'autre par le courant de contrôle, et ceci en permanence. La position de l'organe mobile de l'appareil se traduit d'ailleurs extérieurement par une indication optique convenable. Si l'aiguille reste entrebâillée, le relais actionne un ronfleur attirant l'attention de l'aiguilleur, et l'indication optique présente à ce moment un voyant rouge nettement apparent, ce qui permet de reconnaître immédiatement l'aiguille qui ne se trouve pas en position normale (fig. 6).

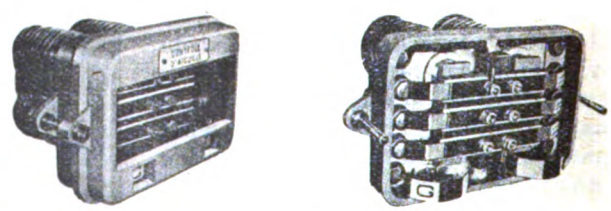


Fig. 6. — Relais de contrôle de position d'aiguille.

L'appareil comprend une boîte fermée par un couvercle vitré et sur le fond de laquelle sont fixés, par l'intermédiaire de leurs noyaux, deux électroaimants. Une pièce mobile autour d'un axe et portant deux armatures est attirée par les noyaux des électroaimants d'un côté ou de l'autre, suivant que le courant passe dans l'un

Digitized by Google

ou l'autre électroaimants. Cette pièce mobile possède trois ressorts de contact qui viennent fermer, d'un côté ou de l'autre, sur des plots constitués par des charbons encastrés dans une douille, les circuits correspondant à chaque position de l'aiguille.

Les deux armatures entraînent chacune, dans leur mouvement, le déplacement d'un secteur derrière des fenêtres vitrées, ménagées dans le couvercle de l'appareil et portant les lettres G (Gauche) ou D (Droite). Quand il ne passe aucun courant dans les électroaimants, c'est-à-dire tant que l'aiguille est entre-bâillée, la pièce mobile est maintenue dans une position moyenne par l'intermédiaire du ressort médian; celui-ci, en s'épaulant sur les deux plots correspondants, ferme le circuit actionnant le ronfleur, en même temps les voyants rouges apparaissent dans les deux fenêtres du couvercle.

Commande des signaux. — Le courant électrique peut ensuite se rendre au moteur de signal, si toutes

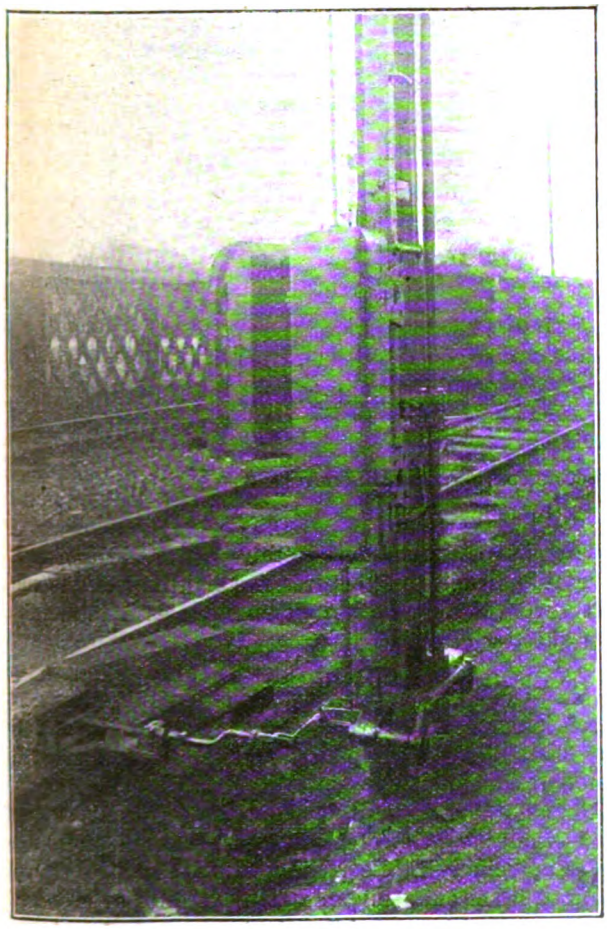


Fig. 7. — Vue d'un moteur de signal.

les aiguilles intéressées par l'itinéraire occupent la position voulue. Chaque signal est représenté en cabine par le levier d'itinéraire lui-même et par un voyant répétiteur de sa position. Quand le levier d'itinéraire est en position de repos, le signal et son voyant répétiteur sont fermés. Quand le levier d'itinéraire est manœuvré et a, par conséquent, déplacé complètement les plans d'aiguilles, le signal est ouvert, son voyant est effacé.

Moteur de signal. — Le mécanisme du moteur de signal est enfermé dans un carter vertical (fig. 7 et 8). Le moteur électrique, également à deux sens de marche, commande, par l'intermédiaire de deux pignons, d'une vis sans fin et d'une roue tangente, un axe horizontal portant deux plateaux; ceux-ci entraînent des bielles qui font osciller un deuxième axe horizontal fixé aux extrémités de deux petits leviers. Suivant le sens de rotation du moteur électrique, ce deuxième axe se déplace parallèlement à lui-même dans un sens ou dans l'autre, ses extrémités décrivant des arcs de cercle qui ont pour centre les points d'articulation de ces leviers.

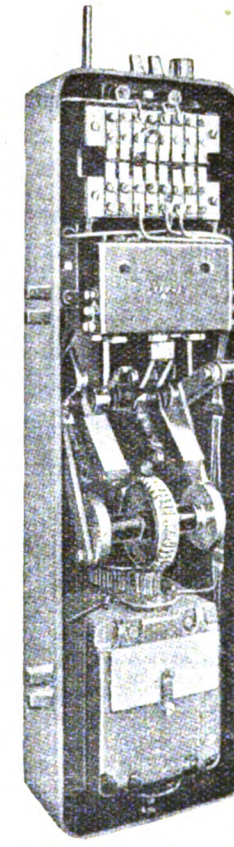


Fig. 8. — Intérieur du moteur de signal.

Dispositif de sécurité. — Le deuxième axe horizontal porte les dispositifs de sélection, au nombre de un à trois suivant qu'il y a un seul ou plusieurs signaux à faire fonctionner par le même moteur; dans le cas le plus général, il y en a trois correspondant au signal d'arrêt, à son annonciateur à damier vert et blanc et à son porte-pétard. Chacun de ces dispositifs de sélection est constitué par un balancier actionnant le signal par l'intermédiaire d'une barre, d'un accouplement élastique et d'une tringle, et articulé de l'autre sur une armature placée en face d'un électroaimant. Quand celui-ci est excité, l'extrémité inférieure du balancier est fixe dans l'espace (l'armature étant collée à l'électroaimant), et, sous l'action du moteur, le balancier, pivotant autour de ce point fixe, s'abaisse et le signal s'efface.

Si le courant ne passe pas dans l'électroaimant, l'armature est libre et est entraînée par le balancier, dont l'extrémité extérieure forme point fixe, pendant que l'axe se déplace. Le signal reste donc fermé.

Quand le signal est ouvert, il est maintenu dans la position d'ouverture, ainsi que les barres et le balancier, par l'attraction entre la chape et l'électroaimant. Si le courant vient à manquer, la chape est libérée et

Digitized by Google

le signal se ferme automatiquement par l'action de son contrepoids, par le basculement du balancier autour du deuxième axe horizontal dont il a été question. Les appareils sont ainsi revenus dans la position correspondant au paragraphe précédent (électroaimant non excité).

Le signal, une fois ouvert, reste sous la dépendance du courant de contrôle qui a servi à l'ouvrir. Si ce courant, pour une cause quelconque (déplacement de l'aiguille de l'itinéraire, désengagement donné par un autre poste, etc..) vient à manquer, le signal se ferme aussitôt. De même, si le courant de l'électro-aimant passe dans une pédale manœuvrée au passage d'un train, il permet à ce dernier de se couvrir lui-même comme cela se produit avec les pédales Aubine dans le cas de signaux commandés par fils.

Commutateur de sens de marche. — Ce commutateur est le même que celui du moteur d'aiguille. Il se ferme sur le moteur qui tournera pour confirmer la position « signal fermé » et ramènera le balancier et l'armature dans la position primitive, lorsque l'aiguilleur remettra le levier d'itinéraire en position normale.

Le moteur de signal est d'ailleurs disposé pour donner un contrôle d'ouverture et un contrôle de fermeture par signal; le contrôle de fermeture sert à actionner un voyant répétiteur de la position du signal correspondant; le contrôle d'ouverture permet de réaliser la dépendance de plusieurs signaux situés en des points différents commandés par un même levier d'itinéraire ou tout autre circuit approprié. A cet effet, chaque barre de commande d'un signal fait manœuvrer un levier solidaire de cames qui occupent des positions

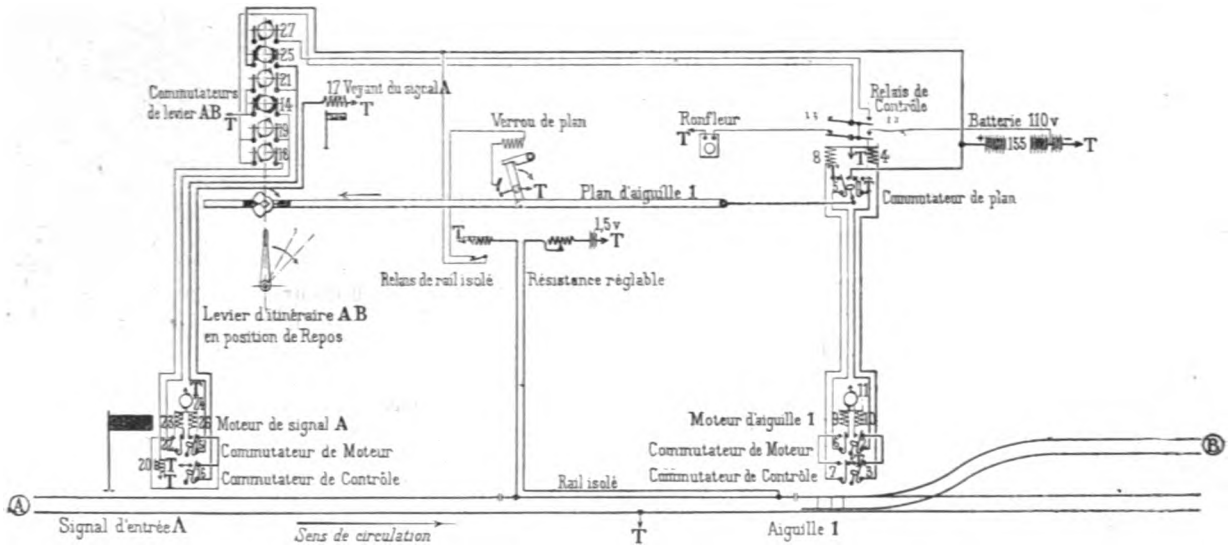


Fig. 9. — Schéma général de commande et de contrôle d'un itinéraire A B.

bien définies par rapport à la barre et présentent des creux dans lesquels retombent des marteaux terminés par un galet en matière isolante; ce sont ces galets qui, par l'intermédiaire de ressorts formant contacts, ferment les circuits nécessaires pour le contrôle.

Le moteur de signal est fixé verticalement à une certaine distance du sol, contre le mât supportant les différents signaux. Entre le mât et le carter est ménagé un intervalle permettant le passage des barres de manœuvre.

Cables. — A la partie inférieure du carter pénètrent des câbles sous plomb venant d'une boîte de jonction fixée elle-même sur le mât de signaux et connectée avec les câbles à quatre conducteurs placés dans le sol et venant de la cabine.

III. **Fonctionnement de l'ensemble.** — Nous allons maintenant examiner rapidement la nature des connexions réalisées pour la commande et le contrôle d'une aiguille et d'un signal.

Nous supposerons un itinéraire AB, constitué sur le terrain par une voie d'entrée A, l'aiguille 1 et une voie de sortie B, le signal A donnant accès à l'itinéraire en question (fig. 9).

a) Circuits d'aiguille. — Nous considérerons les trois phases du mouvement du levier de commande. 1° Tout d'abord, le plan d'aiguille est à droite; le moteur d'aiguille est à droite et immobile, et le commutateur du plan d'aiguille est tel que le circuit suivant est établi : pôle positif de la batterie, ressort 1, ressort 2, ressort 3, électroaimant 4, terre. En même temps, les circuits suivants sont établis par la terre : terre, ressort 5, ressort 6, inducteur 9, induit 11, terre, et terre, ressort 7, électroaimant 8, terre.

2° Le plan d'aiguille est ensuite déplacé vers la gauche; le moteur d'aiguille entre en action et déplace l'aiguille : de droite à gauche; le commutateur de plan d'aiguille se déplace et établit le circuit : pôle positif de la batterie, ressort 5, ressort 6, inducteur 9, induit 11,

Digitized by Google

terre. L'inducteur 9 et l'induit 11 étant ainsi alimentés, le moteur électrique actionne l'aiguille.

Mais dès le début de la course de celle-ci, les ressorts 1 et 3 sont écartés de leur position primitive, établissant les nouveaux circuits : terre, ressort 3, électroaimant 4, terre, d'une part, et : terre, ressort 1, ressort 2, d'autre part, tandis que le circuit : terre, ressort 7, électroaimant 8, terre subsiste.

3° A la fin de ce mouvement, le plan d'aiguille est à gauche; le moteur d'aiguille est arrivé à gauche et est immobile; le commutateur de plan d'aiguille est resté dans la position précédente. En fin de course de l'aiguille, le ressort 6 du commutateur de moteur est écarté de sa position; il coupe le circuit de l'inducteur 9 et de l'induit 11 du moteur qui s'arrête, et réalise la fermeture du circuit : pôle positif de la batterie, ressort 5, ressort 6, ressort 7, électroaimant 8, terre.

b) Circuits de controle. — Les relais de contrôle des aiguilles sont réunis entre eux par des conducteurs, de telle manière qu'il est possible de reconstituer en cabine un itinéraire intitulé « circuit de contrôle d'itinéraire », passant par des contacts actionnés par tous les relais des aiguilles comprises dans l'itinéraire intéressé. Un courant lancé à travers ce circuit de contrôle ne passera que si les relais, c'est-à-dire les aiguilles, sont bien dans la position voulue.

Dans l'exemple que nous avons envisagé, le circuit de contrôle de l'itinéraire AB est constitué en cabine par un circuit ayant pour origine le point B, passant par le contrôle gauche du relais de contrôle de l'aiguille 13, par le contact droit du relais de contrôle de l'aiguille 12, et aboutissant au point A.

c) Circuits de signal. — Si nous supposons le levier d'itinéraire AB en position de repos, le signal A est fermé et immobile. Préparant la manœuvre suivante de l'aiguille qui sera effectuée du côté opposé (de gauche à droite), le circuit suivant est établi : terre, ressort 1, ressort 2, inducteur 10, induit 11, terre; le circuit : terre, électroaimant 4, ressort 3, terre, n'ayant pas été modifié.

Le levier AB est solidaire des six commutateurs 14, 18, 19, 21, 25 et 27. Au moment que nous considérons, les seuls circuits établis par ces commutateurs sont les suivants : pôle positif de la batterie, commutateur 25, ressort 15, ressort 16, électroaimant 17 (actionnant le répétiteur de la position du signal), terre, d'une part, voyant et : terre, commutateur 14, ressort 22, inducteur 23, induit 24, terre, d'autre part.

Le levier d'itinéraire AB est ensuite déplacé en position « aiguilles manœuvrées et itinéraire effectué pour le passage d'un train ». Le moteur de signal entre en action et déplace le signal vers l'ouverture, car les circuits s'établissent alors ainsi :

Pôle positif de la batterie, commutateur 27, relais de contrôle 13 (à gauche) et 12 (à droite). Ici le circuit se bifurque par le commutateur 19, le ressort 22, l'inducteur 23, l'induit 24, ce qui provoque la mise en route du moteur de signal, et par le commutateur 18 et l'électroaimant 20. Ce dernier entre en action et écarte le ressort 16 de sa position; le circuit de l'électroaimant 17 (voyant répétiteur) est donc mis à la terre. Il faut remarquer que ceci se produit dès le début de la manœuvre du signal.

Le signal étant ouvert, il est maintenu dans cette position par l'électro d'accouplement. Les commutateurs solidaires du levier AB conservent la position qu'ils avaient précédemment.

Fin de manœuvre. — En fin de manœuvre du signal, le ressort 22 du commutateur de moteur est écarté de sa position et coupe le circuit de l'inducteur 23 et de l'induit 24 du moteur qui s'arrête. En même temps, le ressort 15, en se déplaçant, ferme le circuit suivant : terre, commutateur 21, ressort 15, inducteur 26, induit 24, terre, le circuit terre, électroaimant 17, ressort 16, terre, étant maintenu. On voit que ces circuits sont établis en prévision de la manœuvre suivante, la fermeture, qui aura lieu lorsqu'on remettra le levier d'itiinéraire en position de repos.

Le signal est maintenu en position ouverte par l'électroaimant d'accouplement 20, qui se trouve seul en circuit à ce moment.

Manœuvre inverse. — Si maintenant on manœuvre le levier d'itinéraire AB, dans le sens opposé pour fermer le signal, les commutateurs qui en sont solidaires reprennent les positions du début et le circuit : pôle positif de la batterie, commutateur 25, ressort 15, inducteur 26, induit 24, terre, se trouve fermé; le moteur actionne alors le signal dans le sens de la fermeture.

Appareils complémentaires. — Les plans d'aiguilles du combinateur peuvent être enclanchés chacun dans une position quelconque, grâce à un *verrou de plan*, monté à l'intérieur du combinateur, à droite et à la partie supérieure du plan correspondant. Un courant électrique, qui ne passe qu'au moment de la manœuvre du plan par un levier d'itinéraire, libère, s'il y a lieu, le plan intéressé, et permet, par suite, sa course complète ainsi que celle du levier. S'il n'y a pas de courant, le plan est enclanché.

Les *relais de tension* sont des appareils comportant un organe mobile qui occupe deux positions suivant la présence ou la non-présence d'un courant de faible intensité, passant généralement par un circuit de voie ou de rails isolés. Dans chacune de ses positions, l'organe assure un certain nombre de contacts fermant des circuits appropriés aux différents cas particuliers à résoudre (verrouillage d'une aiguille occupée par un véhicule, circuit de voie, zone de transit, block-system, désengagement, contrôle impératif de fermeture des signaux, fermeture automatique d'un signal au passage d'un train).

Source de courant et canalisations. — Le courant utilisé dans tous les circuits de commande et de con-

Digitized by Google

trôle est du courant continu à 110 v fourni par deux batteries d'accumulateurs, dont une de secours, de soixante éléments chacune. La capacité de ces batteries est calculée d'après le nombre de mouvements à effectuer dans chaque cabine, et de façon à pouvoir alimenter largement tous les appareils pendant une durée moyenne de vingt-quatre heures.

Les courants passant par des rails isolés ou des contacts de voies sur le terrain sont à une tension de 1,5 v et alimenté par des éléments individuels.

La consommation d'énergie électrique est d'ailleurs assez faible.

A titre d'indication, le courant nécessaire à la manœuvre d'une aiguille moyenne a une intensité de 3,5 A pendant 3,5 secondes; la manœuvre d'un signal demande 2 A pendant 1,5 seconde.

Le circuit de verrouillage d'un signal ouvert est traversé par un courant dont l'intensité est 0,25 A, les relais de contrôle sont traversés par un courant permanent qui n'atteint que 0,05 A.

La manœuvre est rapide; en effet, la durée moyenne d'une opération, c'est-à-dire le temps qui sépare le moment où un levier d'itinéraire a été renversé de celui où le signal est ouvert est de 5 secondes environ, quel que soit le nombre d'aiguilles à manœuvrer.

Toutes les liaisons entre la cabine et les différents appareils sur le terrain sont établies au moyen d'un seul type de câble à quatre conducteurs en cuivre de faible diamètre, isolés au papier imprégné et logés dans une gaine de plomb, le tout recouvert d'un filin, d'un feuillard et d'un deuxième filin. L'enveloppe de plomb qui renferme les quatre conducteurs est utilisée

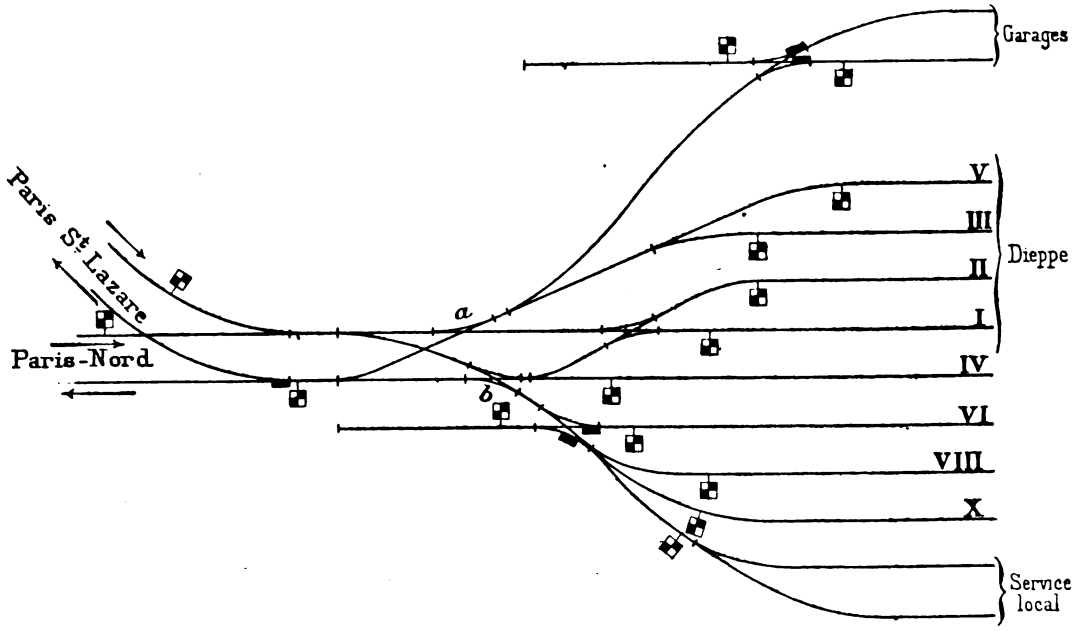


Fig. 10. — Schéma des voies de la gare de Pontoise, côté Paris.

pour le retour à la cabine des différents circuits de commande.

Les extrémités des câbles à quatre conducteurs sont reliées entre elles ou aux différents appareils sur la voie, par l'intermédiaire de boîtes de jonction étanches, à bornes indesserrables, formant prise de masse sur le plomb de l'enveloppe; l'extrémité du câble est noyée dans une masse isolante d'où émergent les conducteurs dénudés venant se borner sur des plots appropriés.

Les câbles sont placés directement dans des tranchées. Cependant dans les endroits très exposés, on peut les protéger plus efficacement, au moyen de dispositifs appropriés.

A leur arrivée en cabine, les câbles à quatre conducteurs aboutissent à une boîte de jonction unique; les conducteurs passent ensuite individuellement dans un fusible formant jonction, de remplacement facile, et sont ensuite reliés au combinateur et aux différents appareils par l'intermédiaire de fils souples à équiper, contenus dans des moulures.

Enfin, tous les conducteurs utilisés sur le terrain sont disposés de telle façon que les différents commutateurs se trouvant dans leurs circuits les mettent à la terre aussi longtemps qu'ils ne sont pas en circuit pour une manœuvre déterminée. De cette manière, l'effet des courants parasites dus à des courants intempestifs qui pourraient se produire entre fils, est complètement annihilé. C'est là l'explication des circuits : *terre*,... *terre*, mentionnés au paragraphe relatif au fonctionnement.

IV. **Application de ce système à la cabine n° 1 de Pontoise.** — L'installation, que nous venons de décrire d'une manière générale, a été réalisée pour la première fois à la gare de Pontoise, où elle fonctionne depuis le 20 décembre 1920. On a équipé avec ce sys-

Digitized by Google

tème la cabine n° 1, qui commande l'entrée « côté Paris ».

Ainsi que le montre le schéma (fig. 10), les deux groupes de voies venant de Paris-Nord et de Paris-Saint-Lazare, se réunissent en un tronc commun à la traversée du viaduc sur l'Oise, et donnent accès : 1° à huit voies à quai, dont quatre en impasse et quatre continuant sur Dieppe ; 2° à un faisceau de six voies de garage et de triage ; 3° à deux voies de service local.

Chaque voie à quai, qui est banalisée, et chaque faisceau sont commandés par un signal carré d'arrêt absolu. Le schéma donne d'ailleurs la répartition de ces signaux d'arrêt absolu. Chacun des signaux d'entrée en gare est, de plus, répété à 1 km en avant par un signal annonciateur à damier vert et blanc.

On remarque que l'on peut aller de n'importe quelle voie de gauche à n'importe quelle voie de droite, ce qui correspond à 43 itinéraires différents, avec 27 aiguilles et 15 signaux d'arrêt absolu. On a d'ailleurs trouvé plus pratique de fractionner les itinéraires en deux groupes par les traversées-jonctions a et b, de sorte que chaque itinéraire est réalisé par la combinaison d'un levier de chaque groupe. Grâce à ce fractionnement, il suffit de 25 leviers au total pour réaliser les 43 itinéaires.

On voit, par cette étude, les résultats donnés par ce système. Le combinateur M. D. M. hydropneumatique avait donné déjà toutes garanties de fonctionnement quant à la sécurité de l'exploitation. La substitution de la commande électrique à la commande hydropneumatique semble avoir donné les meilleurs résultats jusqu'à présent à Pontoise, et lui être préférable,

Lucien A.-H. Pahin,
Licencié ès Sciences,
Ingénieur des Arts et Manufactures.

Revues, analyses et informations

Sur certaines méthodes s'écartant de la pratique classique en fait de parafoudres (1).

Dans ce mémoire, l'auteur tente de répondre à des questions de pratique et à des critiques au sujet de parafoudres émises à l'occasion de recherches effectuées par la Commission des Appareils de Protection.

La technique des parafoudres est en grande partie normalisée. En fait de principes fondamentaux, il n'y a pas eu de changement depuis bien des années ; on fait encore des perfectionnements de détail, particulièrement dans la construction. Un appareil nouveau, le parafoudre à pellicule d'oxyde, supprime l'emploi de l'huile et de l'électrolyte et nous épargne l'obligation de la charge quotidienne, mais son principe essentiel est le même que celui du parafoudre à aluminium. Ce principe est l'action de soupape électrique : la capacité de décharge n'est que de quelques milliampères sous la tension normale en ligne ; mais sous des tensions anormales le courant s'élève à des centaines d'ampères. En réponse à des critiques formulées par quelques ingénieurs éminents, l'auteur maintient qu'une grande capacité de décharge est un point essentiel pour un parafoudre. C'est aux ingénieurs qui emploient des parafoudres à basse capacité de décharge à faire la preuve de leur thèse. De tels parafoudres ne peuvent décharger les dangereuses surtensions engendrées par la foudre sur les lignes aériennes. Comme il existe des parafoudres de faible capacité d'écoulement qui font un service en apparence satisfaisant, l'explication de cette anomalie se trouve dans l'emploi d'isolateurs laissant s'amorcer l'arc de disrupture sous basse tension. Ou bien la surtension due à la foudre trouve un écoulement local à l'isolateur, ou bien l'onde qui en résulte est de tension trop faible, quand elle atteint le transformateur, pour endommager fortement l'isolant. La mauvaise isolation d'une ligne n'est pas une solution du problème de la continuité du service. Pourquoi ne pas faire l'économie du parafoudre s'il est inutile ?

Dans une telle onde en propagation, le courant est d'environ deux ampères pour chaque millier de volts de tension de la décharge, soit 600 A pour 300 kv ; une capacité d'écoulement de 1 à 25 A dans les parafoudres ne contribue donc guère à réduire la surtension.

Combien devrait-on employer de parafoudres pour protéger un réseau de six feeders ? Cela dépend des conditions d'isolement qui sont réalisées dans les disjoncteurs et de l'importance accordée à la continuité de service. Selon les conditions discutées dans l'article, les nécessités seront comprises entre un seul parafoudre relié aux barres et sept parafoudres avec appareils auxiliaires.

L'exploitation sans aucun parafoudre est étudiée à trois points de vue : 1° si l'on croit que la foudre ne peut pas engendrer une tension suffisante pour causer des dommages ; 2° si l'on croit faire une dépense plus utile en achetant des transformateurs de réserve qu'en installant des parafoudres ; 3° si l'on considère comme une bonne pratique d'isoler un transformateur assez fortement pour le rendre invulnérable aux surtensions. L'auteur conclut que chacun de ces trois arguments est dangereusement erroné.

Il propose une nouvelle méthode de visite des parafoudres à aluminium. Les expériences qu'il relate montrent que le facteur de puissance des éléments examinés est très variable suivant leur état. On peut espérer réaliser des économies dans le montage de ces parafoudres pour réparation et accroître leur durée. Il signale l'examen d'un parafoudre de 33 kv qui a été en service pendant treize ans sans démontage. Les cuvettes sont encore en bon état. On a empêché les dépôts nuisibles d'huile décomposée sur la pellicule d'alumine en employant un afflux initial de courant de charge assez intense pour les rejeter. L'électrolyte, dont la concentration est affaiblie, doit être changé. La capacité d'écoulement est encore grande.

P. L.

(1) E.-E.-F. Creighton. *J. A. I. E. E.*, février 1922, t. XLI, p. 99-106.

Digitized by Google

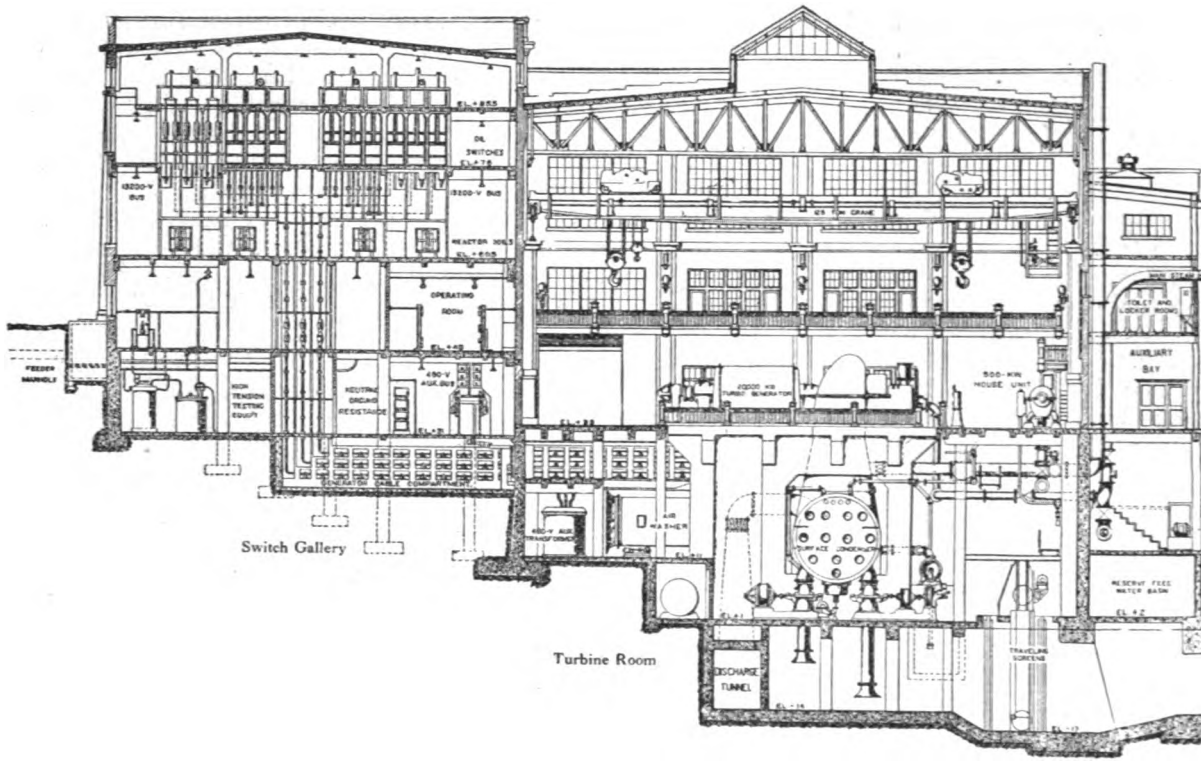


Fig. 1. — Bâtiment pour les appareils électriques et les tableaux de commande, et salle des machines de la grande centrale du Milwaukee Electric Railway and Light C°, n'utilisant que du charbon pulvérisé.

Une grande station centrale utilisant exclusivement le charbon pulvérisé (1).

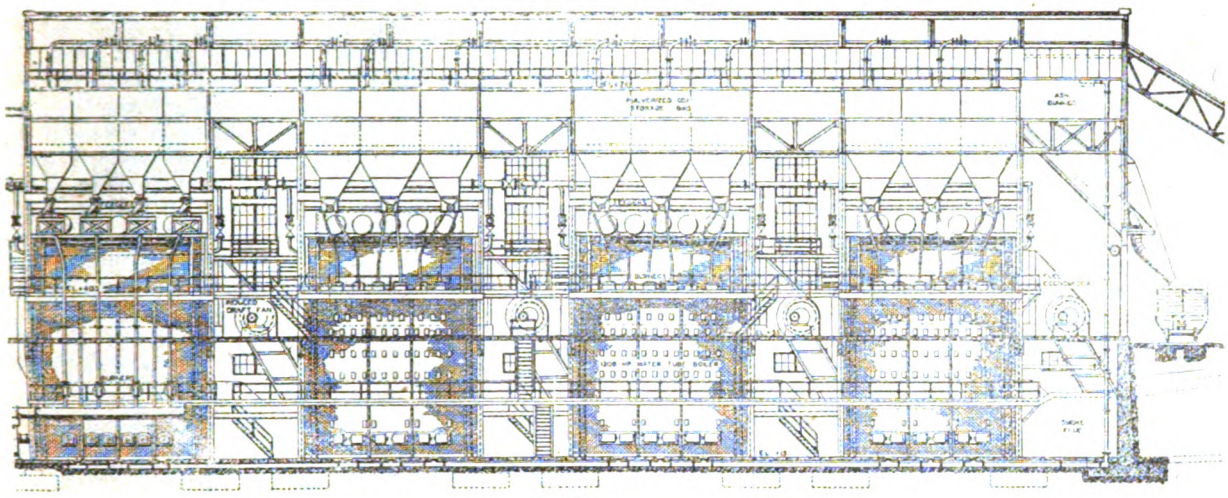
Cette station, appartenant à la Milwaukee Electric Railway and Light C°, est équipée actuellement avec deux turbogénérateurs de 20 000 kw chacun et la puissance totale prévue atteint 200 000 kw. A la suite d'essais effectués dans une autre usine, il a été décidé de chauffer les chaudières de la nouvelle station au charbon pulvérisé. A l'origine, le charbon devait être amené à l'usine par voie d'eau : il a paru, plus tard, plus économique d'utiliser du charbon d'une autre partie du territoire desservie uniquement par voie ferrée et les plans ont été modifiés en conséquence. Les wagons de charbon sont basculés dans un silo pourvu de tous les dispositifs convenables pour la distribution ultérieure du charbon ; ce dernier est repris par des convoyeurs qui passent en premier lieu sur une poulie magnétique qui enlève toutes traces de fer, le charbon arrive ensuite à des broyeurs à boulets et à cylindres ; il est repris par d'autres convoyeurs qui l'amènent à l'installation de pulvérisation. Ces convoyeurs sont au nombre de trois et peuvent décharger le charbon en un point quelconque de leur parcours. La pulvérisation est effectuée à l'aide de huit appareils traitant, chacun d'eux, 6 t par heure, puis le charbon est réduit à l'état de poudre extrêmement fine enlevée par le courant d'air fourni par un ventilateur, qui l'entraine jusqu'à des séparateurs du type « cyclone » où elle se dépose en se séparant de l'air d'entrainement. Le charbon pulvérisé est repris à l'aide de vis sans fin qui le conduisent dans des silos au-dessus de la salle des chaudières. Entre temps, le charbon a passé par des sécheurs qui réduisent sa teneur en eau à 2 pour 100 environ. Le charbon est amené aux foyers des chaudières par des transporteurs à vis sans fin. L'ensemble de l'installation est représenté par les figures 1, 2 et 3.

Les chaudières sont au nombre de huit et peuvent chacune fournir, à la pression de 11 kg : cm², la vapeur nécessaire pour obtenir 1 300 ch, mais elles sont capables d'une surcharge considérable telle que trois chaudières peuvent, en cas de besoin, alimenter une turbine de 20 000 kw. Chaque chaudière possède un surchauffeur de vapeur capable d'élever à 320° la vapeur fournie par la chaudière à la température de 210° ; un économiseur d'une surface de 700 m² complète la chaudière. L'eau de condensation des turbines est pompée dans un réservoir élevé d'où elle redescend par gravité aux économiseurs ; elle est introduite dans les chaudières par des pompes centrifuges actionnées par des moteurs électriques. La quantité de cendres produite est très petite, elle est évacuée à l'aide de dispositifs à jets de vapeur ; ces cendres sont déposées par les injecteurs dans des silos aménagés pour une décharge directe dans les wagons.

Chaque turbine de 20 000 kw actionne un alternateur triphasé sous 13 200 v ; l'air de refroidissement est emprunté, en été, à l'extérieur du bâtiment et, en hiver, à l'intérieur ; dans les deux cas, il passe par un filtre laveur ; l'air échauffé est ensuite fourni aux chaudières pour la combustion du charbon ; en hiver il est aussi utilisé au chauffage de la salle des machines. Le reste de l'installation ne se distingue en rien des dispositions généralement admises pour les grandes stations génératrices. — E. B.

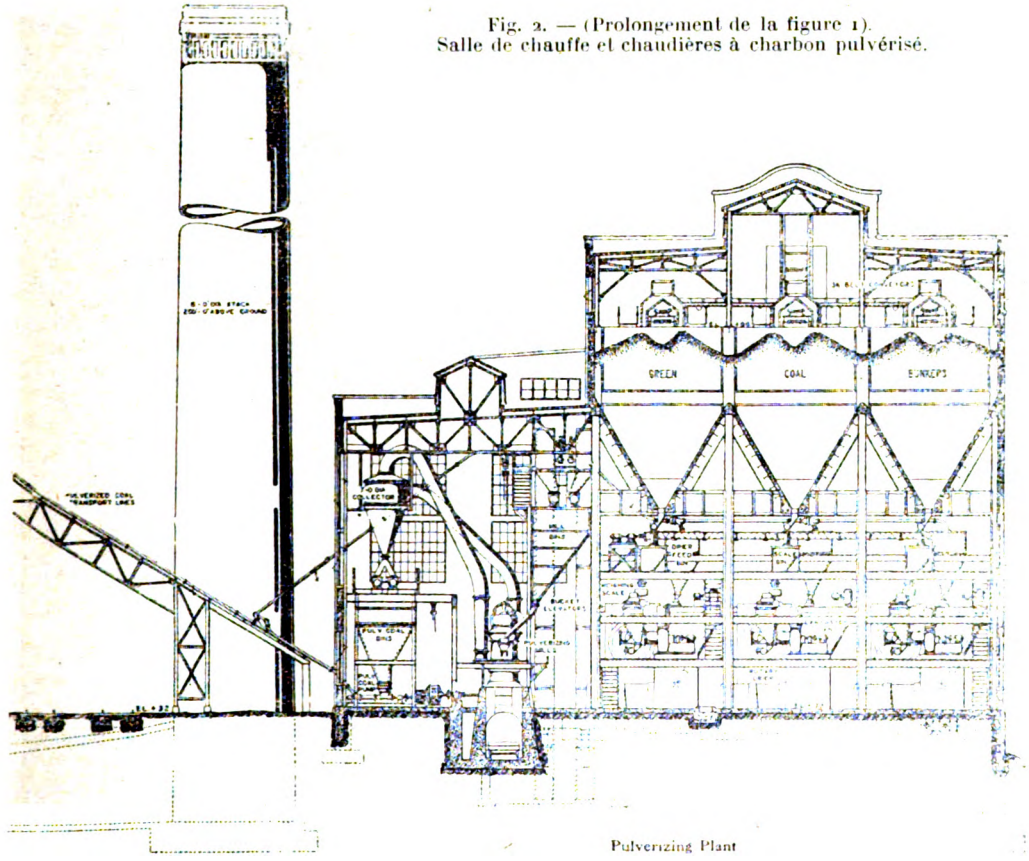
(1) *Electrical World*, 15 avril 1922, t. LXXIX, p. 721-724, 2 000 mots, 2 fig., 1 pl. hors texte ; *Electric Railway Journal*, 15 avril 1922, t. LIX, p. 633-640, 6 000 mots, 14 fig., 1 pl. hors texte.

Digitized by Google



Boiler Room

Fig. 2. — (Prolongement de la figure 1).
Salle de chauffe et chaudières à charbon pulvérisé.



Pulverizing Plant

Fig. 3. — (Prolongement de la figure 2). Bâtiment pour la transformation du charbon brut en charbon pulvérisé.

Digitized by Google

Montage pour les essais de démarrage des moteurs (1).

Les essais de démarrage des moteurs électriques présentent des difficultés particulières. La méthode du frein ne peut être appliquée, car l'état d'équilibre du frein est pratiquement impossible à obtenir sous vitesse variable. Le procédé généralement employé consiste à accoupler le moteur à essayer à une génératrice à courant continu débitant sur une résistance réglable permettant d'obtenir la variation voulue du couple résistant en fonction de la vitesse du moteur. Mais le réglage de la résistance est délicat ; en outre le couple résistant ne peut atteindre une valeur suffisante que pour une vitesse assez grande, de sorte que le procédé ne peut s'appliquer à l'étude des très faibles vitesses de démarrage. La méthode décrite ci-après permet de réaliser les essais de démarrage sous couple, soit constant, soit croissant ou décroissant avec la vitesse, et d'obtenir en plus la récupération de l'énergie mise en jeu.

Le moteur à essayer M (fig. 1), est accouplé à une génératrice à courant continu à excitation séparée M_1 débitant sur un moteur à courant continu M_2 entraînant lui-même, à la vitesse angulaire n aussi constante que possible, une génératrice M_3, laquelle restitue à un réseau l'énergie absorbée par M. L'entraînement de la génératrice M_1 par le moteur M a lieu au moyen d'un accouplement Kà cliquet évitant que M ne soit entraîné par M_1 tant que le couple de M est inférieur à celui de M_1. Le circuit d'excitation du moteur M_2 est connecté aux bornes a b de M_1 et comporte, en outre, une source à courant continu B de force électromotrice constante E. Une résistance de valeur R'_2, placée en série dans le circuit principal M_1 M_2 a pour but d'amortir les oscillations du courant principal J qui peuvent être provoquées, par exemple, par les variations de résistance de contact des balais de M_1 et M_2.

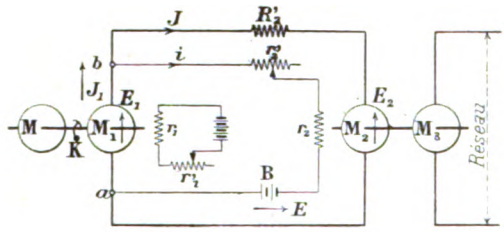


Fig. 1. — Schéma du montage pour l'essai de démarrage d'un moteur M.

Les forces électromotrices E_1 et E_2 de M_1 et M_2 (pour cette dernière, tant qu'elle fonctionne en deçà de la saturation) sont des fonctions linéaires du nombre de tours du moteur à essayer et peuvent être représentées graphiquement comme il est indiquée sur la figure 2. L'ordonnée à l'origine de la droite obtenue en portant les valeurs de E_2 en fonction de n est déterminée par la valeur de la force électromotrice auxiliaire E. L'inclinaison de la droite représentant les valeurs de E_2 est réglée par les résistances variables r'_1 et r'_2. Le courant principal est provoqué par la différence des forces électromotrices E_1 et E_2 laquelle est, par suite, exactement proportionnelle au couple résistant lorsque l'excitation de M_1 reste constante (cette proportionnalité n'est toutefois qu'approchée si la machine M_1 ne possède pas d'enroulement compensateur, en raison de la réaction d'induit de cette dernière). Il en résulte que le couple est, pendant toute la période de démarrage, soit constant, soit croissant, soit décroissant avec la vitesse suivant que les droites représentatives des valeurs de E_1 et de E_2

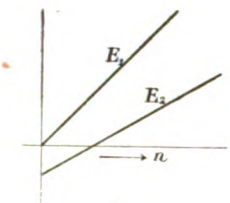


Fig. 2. — Graphique représentant la variation de E_1 et de E_2 en fonction de n.

ont même inclinaison ou que l'inclinaison de la droite représentant la variation de E_2 est plus petite ou plus grande que celle représentant la variation de E_1.

Soient :

R_1, la résistance de l'induit de M_1 ;

R_2, la résistance de l'induit M_2 ;

r, la résistance de l'enroulement d'excitation de M_2 ;

i, l'intensité du courant d'excitation de M_2.

On a alors

$$R_1 J_1 + RJ = E_1 - E_2,$$

$$R_1 J_1 + ri = E_1 - E,$$

avec

$$J_1 = J + i.$$

En posant

$$E_1 = C_1 n \quad \text{et} \quad E_2 = C_2 i,$$

on obtient l'équation

$$J_1 = \frac{(C_2 - R)\,E}{(R_1 + R)\,r - (C_2 - R)\,R_1} + \frac{(r + R - C_2)\,C_1\,n}{(R_1 + R)\,r - (C_2 - R)\,R_1}.$$

dans laquelle le premier terme correspond au couple de démarrage à l'arrêt et le second terme au couple variable avec la vitesse.

Cette méthode présente cependant l'inconvénient que, dans le cas de démarrages très rapides, la variation du courant d'excitation i ne peut se produire d'une façon assez rapide en raison de la self-induction du circuit d'excitation de M_2. La variation du courant J_1 n'est plus alors exactement proportionnelle à celle de la vitesse du moteur à essayer.

A. R.

(1) Rudolph Richter. *Elektrotechnik und Maschinenbau*, 2 avril 1922, t. XL, p. 157-158, 1 000 mots, 2 fig.

Digitized by Google

SECTION ÉCONOMIQUE & FINANCIÈRE

Assemblées générales

Compagnie générale parisienne de Tramways.

ASSEMBLÉE GÉNÉRALE ORDINAIRE DU 5 AVRIL 1922.

Le compte rendu de l'exercice 1921 montre les conséquences du rachat des concessions de la compagnie.

Il a fallu apporter des modifications à la présentation du bilan, par application des clauses de la convention de rachat du 20 septembre 1920, approuvée par l'assemblée générale extraordinaire du 17 novembre de la même année.

Conformément à l'article 8 de cette convention, les trois provisions, constituées par imputation à la charge du compte spécial de guerre au cours des exercices 1918, 1919 et 1920, ont été déduites du « compte spécial de guerre ».

Ce compte a été divisé en deux parties. La première, dont le montant se chiffre à 4 169 482,83 fr, représente la créance qui a été remise au département moyennant paiement par lui de 30 annuités complémentaires. La seconde partie correspond aux sommes que le département doit payer, sans transformation en annuités, pour la liquidation du compte spécial de guerre; la compagnie a reçu, au cours de l'année 1921, des acomptes s'élevant au total à 6 195 000 fr, et elle a inscrit au bilan le solde restant dû, soit 1 155 151,26 fr.

L'actif industriel ayant été, par suite du rachat, transféré au département, il a été ouvert à l'actif du bilan un poste nouveau, dénommé « actif transféré au département », où se trouvent désormais englobés et fondus tous ceux des anciens postes qui comprenaient respectivement les immeubles industriels, les voies ferrées, les canalisations électriques, la cavalerie, le matériel roulant et l'outillage, le mobilier industriel et le matériel désaffecté.

Il a été excepté les immeubles et le mobilier du domaine particulier de la compagnie exclus du rachat et qui restent sa propriété.

Avant de passer l'ancien poste « matériel désaffecté » au nouveau poste « actif transféré au département », il a été diminué du montant des ventes successivement réalisées sur ce matériel. Comme le produit de ces ventes avait été porté au compte « fonds d'amortissement », celui-ci s'est trouvé de ce fait réduit à une somme de 675 000 fr qui représente des prélèvements opérés sur les bénéfices des exercices 1903, 1904 et 1905.

Jusqu'ici les obligations figuraient au bilan pour leur valeur d'émission; c'est ainsi que les 38 771 obligations de 500 fr en circulation au 1er janvier 1921 étaient inscrites pour la somme de 18 253 812,74 fr. Elles ont été rétablies au bilan pour leur valeur nominale de 500 fr, soit 19 385 500 fr. La différence, 1 131 687,26 fr, qui représente des frais de premier établissement, a été passée au nouveau poste « actif transféré au département ».

Les « approvisionnements divers » ont été livrés au département pour leur prix d'inventaire; le poste correspondant disparaît du bilan.

Au cours des exercices antérieurs au 1er janvier 1918, la compagnie avait constitué, par prélèvement sur les bénéfices annuels, trois provisions, savoir : « Provision pour renouvellement des voies et du matériel », « provision spéciale », « provision pour règlement de comptes litigieux » dont les soldes au 31 décembre 1921 ressortent respectivement à 1 157 903,62 fr, 1 354 988,09 fr et 1 336 675,92 fr.

Les deux premières sont maintenant sans objet; la troisième est, au contraire, devenue insuffisante. Elle a été créée en vue de certains procès, notamment pour dégradations causées à des tiers par des phénomènes d'électrolyse, pour dommages subis par la compagnie par la construction sous ses voies de chemins de fer souterrains et pour règlements de travaux de premier établissement. Mais elle se trouve avoir à faire face désormais aux risques de l'ensemble des règlements avec des tiers, y compris ses comptes avec le département, comptes de gestion et comptes de rachat, et ses comptes communs avec les anciennes compagnies de tramways de la région parisienne. Il convient de la renforcer pour parer, dans toute la mesure possible, aux conséquences qui peuvent en découler. Elle doit être augmentée tout d'abord des sommes dont la contre-partie a été passée au cours de l'exercice au compte de divers débiteurs, mais qui correspondent à des créances litigieuses. Il faut porter également la somme de 675 000 fr, qui constitue le solde du compte « fonds d'amortissement », et une somme de 232 903,62 fr à prélever sur la « provision pour renouvellement des voies et du matériel », dont le solde ressortira ainsi à 925 0000 fr. En y ajoutant une somme de 230 000 fr prise sur le compte de profits et pertes de l'exercice 1921, on portera la « provision pour règlement des comptes litigieux » à 3 690 521,32 fr, chiffre qui paraît suffisant.

Quant aux sommes de 925 000 fr et de 1 354 988,09 fr, qui représentent respectivement le solde la « provision pour renouvellement des voies et du matériel » et la « provision spéciale », ce sont des bénéfices réalisés sur des exercices antérieurs; elles peuvent être affectées à une distribution de dividende. Dans ce but, elles sont inscrites à un poste « reprises aux exercices clos », dont le montant, y compris le report à nouveau de l'exercice 1920, 487 998,79 fr est de 2 767 986,88 fr.

Les recettes se composent de l'annuité de rachat, 4 100 000 fr, qui a été versée par le département en deux échéances aux époques convenues, de l'annuité du compte de guerre, 271 229,03 fr, dont le département a jusqu'ici différé le paiement, d'une somme de 100 589,68 fr qui représente, pour la plus grande partie, le produit de la location des immeubles, et, des intérêts du portefeuille, 194 730,50 fr. Elles forment un total de 4 666 549,25 fr.

Les dépenses comprennent les frais généraux, 329 746,64 fr, des règlements de comptes d'exercices antérieurs, 115 463,68 fr, l'intérêt et l'amortissement des obligations, 1 117 010 fr, et, la somme de 230 000 fr versée à la « provision pour règlement de comptes litigieux; leur total est de 1 792 220,32 fr.

Le solde disponible au 31 décembre 1921 comprend : reprises aux exercices clos, 2 767 986,88 fr, solde en excédent de 1921, 2 874 328,93 fr.

Ce solde, s'élevant à 5 642 315,81 fr, est employé comme suit :

5 pour 100 à la réserve légale.

Intérêts cumulatifs arriérés et intérêts 5 pour 100 pour l'exercice 1921 aux 57 602 actions de priorité (70 fr par titre).

Fonds d'amortissement des actions de priorité, 328 500 fr.

Intérêts 4 pour 100 pour l'exercice 1921 aux 99 947 actions ordinaires (10 fr par titre).

Le solde à reporter à nouveau est de 24 489,96 fr.

Digitized by Google

Les intérêts sont payés à partir du 1er juin, sous déduction des impôts, à raison de :

70 fr par action de priorité, contre remise du coupon n° 11 ;

10 fr par action ordinaire, contre remise du coupon n° 19.

Les coupons, nets d'impôts, ressortent à :

Actions de priorité : 63 fr par titre nominatif, 61,96 fr par titre au porteur.

Actions ordinaires : 9 fr par titre nominatif, 8,42 fr par titre au porteur.

L'assemblée approuve l'emploi du « fonds d'amortissement des actions de priorité » au rachat en Bourse au-dessous du pair d'actions de priorité, conformément à l'article 43 des statuts.

Les chiffres donnés précisent les résultats qu'on peut attendre du nouveau régime au cours des exercices suivants, y compris l'exercice 1922, puisque le solde des intérêts cumulatifs arriérés va se trouver complètement payé sur l'exercice 1921 ; désormais, les ressources annuelles doivent permettre de distribuer aux actions des dividendes qui, après les années si difficiles que la compagnie vient de traverser, lui donneront de légitimes satisfactions, tout en consacrant à l'amortissement annuel les sommes nécessaires pour que le capital soit entièrement remboursé au plus tard en 1950.

BILAN AU 31 DÉCEMBRE 1921.

Actif.

	fr
Actif transféré au département moyennant paiement dans les conditions prévues par la convention de rachat du 20 septembre 1920, approuvée par l'assemblée générale extraordinaire du 17 novembre 1920	67 552 480,73
Immeubles, mobilier et divers	1 339 515,80
Caisse et banquiers	805 678,19
Portefeuille	6 975 526,18
Compte spécial de guerre	1 155 151,26
Annuité du compte spécial de guerre	271 229,03
Débiteurs divers	4 751 538,55
	82 841 119,74

Passif.

	fr
Capital social :	
99 947 actions ordinaires de 250 fr	24 986 750 »
20 053 — — amorties	5 013 250 »
57 602 actions de priorité 5 pour 100 de 250 fr.	14 400 500 »
2 398 — — amorties	599 500 »
Obligations 4 pour 100	19 040 500 »
Amortissement par remboursement d'obligations	2 451 588,88
Réserve statutaire	1 497 654,24
Provision. Règlement de comptes litigieux	3 690 521,32
Créditeurs divers	4 646 179,17
Coupons à payer :	
Obligations	346 575,98
Actions	303 784,41
Obligations à rembourser	220 000 »
Reprises aux exercices clos	2 767 986,88
Profits et pertes :	
Solde en excédent de l'exercice 1921	2 874 328,93
	82 841 119,74

Compagnie générale de Travaux d'Eclairage et de Force.
Anciens Etablissements Clémançon.

ASSEMBLÉE GÉNÉRALE ORDINAIRE DU 28 AVRIL 1922.

L'exercice 1921 correspond à la trentième année d'existence de la société, qui a été constituée le 29 mars 1892, pour une durée de trente ans et devait expirer le 29 mars dernier. Une prolongation de soixante-quinze ans a été décidée par les actionnaires.

Elle succédait à la maison Clémançon qui, depuis 1828, avait appliqué dans l'industrie de l'éclairage les différents procédés successivement utilisés et, en dernier lieu, l'électricité.

C'est d'abord presque exclusivement à cette application de l'électricité à l'éclairage que fut consacrée l'activité de la société qui, par la suite, en aborda d'autres telles que la transmission de l'énergie et, plus récemment, le chauffage domestique et industriel.

Les différentes contrées de la France se couvrent de réseaux de distribution de l'énergie électrique, et la compagnie, tantôt seule, tantôt en participation avec des sociétés amies, est appelée à collaborer à l'exécution de certains de ces réseaux qui amèneront l'électricité jusque dans les fermes isolées.

Quant au chauffage, si le prix actuel du courant électrique n'en permet pas le développement dans les usages domestiques, il en va autrement dans maintes applications industrielles auxquelles donnent entière satisfaction les appareils construits dans les ateliers de la compagnie.

Le chiffre des bénéfices de l'exercice 1921 s'est élevé à 1 027 141,64 fr, en progression de 190 064,16 fr sur les bénéfices de l'année précédente.

Etant donné le report à nouveau de l'an dernier qui est de 5 120,46 fr, les bénéfices à répartir s'élèvent à 1 032 262,10 fr, soit :

345 516,38 fr aux divers amortissements, 5 pour 100 à la réserve légale, 5 pour 100 au capital actions, 10 pour 100 au Conseil d'administration, sur le reliquat des bénéfices, 9 pour 100 au capital actions, à titre de dividende supplémentaire, 150 000 fr à la réserve pour complément d'assurance contre l'incendie, 120 000 fr à la réserve de prévoyance.

Le report à nouveau est de 409,21 fr.

L'ensemble des réserves, en dehors du report à nouveau de 409,21 fr, forme un total de 1 539 597,53 fr.

Le dividende a été porté cette année de 32,50 à 35 fr par action, soit 14 pour 100 du capital ; il est payable depuis le 1er mai 1922.

BILAN AU 31 DÉCEMBRE 1922.

Actif.

	fr
Fonds de commerce	1 »
Constructions et installations	1 »
Agencement et mobilier	1 »
Matériel d'exploitation	1 »
Machines et fours	1 »
Matériel d'expériences	1 »
Outillage	1 »
Modèles	1 »
Immeubles	67 870,90
Matières premières et marchandises en magasin	1 334 339,11
Matériel en location	529 792,81
Titres en portefeuille	246 035 »
Cautionnements et loyers d'avance	20 627,60
Espèces :	
En caisse	26 437,87
En banques	1 311 910,79
Effets à recevoir	43 907,54
Débiteurs et travaux en cours	3 402 034,43
	6 981 964,05

Passif.

	fr
Fonds social	2 500 000 »
Créditeurs divers et comptes d'ordre	2 081 842,46
Effets à payer	46 386,35
Coupons et dividendes à payer	32 918,22
Cautionnements à rembourser	33 038,60
Réserve légale	205 516,32
Réserve pour créances douteuses	100 000 »
Réserve pour complément d'assurances-incendie	370 000 »
Réserve de prévoyance	580 000 »
Solde de l'exercice 1921	1 032 262,10
	6 981 964,05

Digitized by Google

SECTION DE LÉGISLATION

Fonctions publiques et participations financières

Le projet de loi Joseph Barthélemy sur les incompabilités parlementaires

L'auteur analyse et commente le projet de loi J. Barthélémy ayant pour but de réglementer, dans une certaine mesure, les rapports de la finance et de la politique, tels qu'à diverses reprises, plus ou moins largement, il a été tenté par des parlementaires de bonne volonté de l'essayer. C'est une tentative nouvelle.

Le développement des sociétés par actions à forme anonyme a eu pour effet de rendre plus fréquent et plus important le cumul des fonctions publiques et des participations financières. Périodiquement, au gré de quelques scandales, le Parlement s'est montré ombrageux, soucieux de sa bonne réputation ; des interpellations, des projets naquirent, sans aboutir d'ailleurs, la question des incompatibilités étant des plus complexe, et susceptible, si elle était traitée trop absolument, d'écarter systématiquement du Parlement des hommes expérimentés et des affaires, des hommes de talent.

Le rapport, que vient de déposer M. Joseph Barthélémy et que le « Journal officiel » vient de publier, reconnaît que le cumul demeure inévitable, mais il tend à le règlementer et, par suite, à le restreindre.

I. **Historique.** — Après avoir rappelé les projets antérieurs (Labori, Aubriot, Frayssinet, Connevot, Herriot etc.), M. Joseph Barthélémy constate que le problème des rapports de la finance avec la politique est de tous les temps, de tous les régimes et de tous les pays. L'antiquité, la monarchie absolue, la Convention, les régimes constitutionnels l'ont combattu, puis ont accepté de conserver à leur tête des hommes riches et aussi habiles à diriger les affaires politiques que leurs propres intérêts. Y a-t-il lieu d'entrer dans une voie nouvelle et d'interdire aux parlementaires certaines occupations purement privées ?

Au moment où fut rédigé le code civil, remarque M. Joseph Barthélémy, et même lorsque fut introduit en France le régime parlementaire, sous la monarchie constitutionnelle, la finance était loin d'avoir acquis l'extension formidable que nous constatons aujourd'hui. Les immeubles étaient considérés comme l'élément de base des patrimoines particuliers et de la fortune générale ; quant aux meubles et aux valeurs mobilières, on leur appliquait encore le vieux brocart, « Res mobilis, res vilis ».

Mais la législation de 1867 a imprimé un essor inouï aux sociétés anonymes et par là créé cet état social nouveau qui peut être susceptible d'entraîner une législation adéquate.

Cet état social se caractérise par deux éléments : 1° la constitution de forces nouvelles capables de jouer dans la société et dans l'Etat un rôle, dont l'importance appelle l'attention du législateur ; 2° l'appel permanent au crédit public, à toutes les bourses.

Or, à ce dernier point de vue, l'opinion publique s'émeut de ce que les financiers ne soient pas seulement des financiers, qu'ils soient aussi et souvent des hommes, qui mettent à profit l'influence, qu'une haute situation donne sur l'opinion publique, et la confiance que cette situation peut inspirer aux divers bailleurs de fonds.

Parmi ces situations, on peut citer : *a*) le mandat électif ; *b*) la haute situation publique ; *c*) les situations dans la direction, l'administration et la rédaction des journaux.

La question est donc très large, très générale ; elle mériterait d'être abordée, non point par le côté particulier des diverses situations, dont la compromission avec la finance peut offrir des périls, mais dans une règlementation générale de l'appel au crédit.

M. Barthélémy ne méconnaît pas la force des arguments mis en avant par ceux qui désireraient qu'il y eût incompatibilité entre le mandat parlementaire et les fonctions financières.

II. **Principes.** — Il en fait l'énumération suivante : *a*) Protection de l'intérêt général contre les faiblesses de l'élu. — Nos lois constitutionnelles et organiques, en interdisant en principe l'accès des Chambres aux fonctionnaires, ont entendu mettre les représentants du pays à l'abri des tentations, des séductions et des pressions venant du gouvernement.

Ces dispositions seraient insuffisantes et il faudrait mettre le parlementaire à l'abri de ses propres faiblesses. S'il fait partie d'une entreprise qui traite avec l'Etat, le parlementaire sera tenté de sacrifier l'Etat à son entreprise particulière ; s'il représente une société, il pourra être conduit à préférer les intérêts particuliers de cette société aux intérêts généraux.

L'administration d'un groupe, a-t-on dit, ne se doit plus concilier avec l'administration de tous. Le parle-

Digitized by Google

mentaire ne doit appartenir qu'à une société en nom collectif, la France; on ne peut être à la fois juge et partie.

b) Devoir de l'élu de consacrer toute son activité a son mandat. — Ce devoir apparaîtrait avec un caractère particulièrement impératif au lendemain de l'augmentation de l'indemnité parlementaire, qui serait censé suffisante pour pourvoir à tous les besoins de l'élu et de sa famille. Les propositions soumises seraient ainsi le corollaire, le complément de la mesure relative à l'augmentation de l'indemnité parlementaire...

c) Considérations d'ordre politique. — Il y aurait des inconvénients d'ordre politique à ce que la Chambre contînt un trop grand nombre d'administrateurs de sociétés financières. Elle risquerait ainsi d'apparaître comme la représentation d'une classe sociale privilégiée, dans l'intérêt de laquelle elle serait portée à légiférer.

d) Compromissions facheuses créées par le cumul de certaines occupations et du mandat législatif. — Il y aurait, de la part de certaines entreprises, une tendance naturelle à appeler dans leurs conseils des personnalités choisies, non point à raison de leurs compétences techniques, mais en considération du crédit, que leur donne leur situation ; on espère que les relations, les amitiés, les influences des nouveaux administrateurs permettront d'obtenir certains avantages et d'éviter certains inconvénients. Les administrateurs des grandes entreprises ont affaire à des gouvernements, à des clients puissants, à l'opinion du monde; on leur demandera, par conséquent, d'inspirer confiance par l'autorité de leur passé, par le crédit attaché à leur personne ; on attend d'eux, qu'ainsi ils arrivent à faire prévaloir les désirs de l'entreprise jusque dans les sphères les plus élevées. Ainsi le cumul facilite une sorte de trafic latent d'influence, qui contribue à jeter le discrédit sur les institutions.

Il arrive parfois que les banques font un mauvais calcul en mettant des parlementaires à leur tête.

On a vu des banques péricliter, parce que les administrateurs, appelés à jouer un rôle au Parlement, n'ont pas pu se consacrer exclusivement à la gestion des intérêts sociaux. Mais précisément le scandale est plus grand, lorsque les parlementaires administrateurs font perdre de l'argent à des épargnants, auxquels leur titre avait donné confiance. Il peut arriver aussi que, pour renflouer un établissement qui fait eau, le Gouvernement soit gêné pour venir à son secours, si cet établissement est géré par un parlementaire, de crainte de paraître agir dans un esprit de camaraderie politique.

Les parlementaires eux-mêmes font parfois un mauvais calcul en devenant spéculateurs, et les spéculateurs en devenant parlementaires. La qualité de parlementaire met en vue, et, à la moindre défaillance, l'opinion publique appelle une stricte application des lois. Le scandale est grand et rejaillit sur le régime. Il ne faudrait pas remonter bien loin en arrière pour trouver des illustrations de ces idées.

Si, enfin, « il est fait allusion aux développements sur le désintéressement nécessaire au représentant du peuple », M. Joseph Barthélémy estime « avoir exposé, sans l'affaiblir, la thèse des membres élus du parti socialiste.

Ce qu'il y a de pitoyable, selon M. Barthélémy, c'est que beaucoup de parlementaires ne briguent un mandat que pour mieux arriver aux situations financières.

Aussi est-il profondément déplorable, souligne M. Barthélémy, que le mandat soit, pour une minorité, un moyen d'accéder à la finance. Mais comment l'empêcher ? Le rapporteur redoute les solutions de principe et il estime que la commission et la loi sont impuissantes à les trouver. Celle-ci « retient cependant pour ses décisions finales que le fait le plus grave est de passer du mandat dans la finance et non de la finance dans le mandat. »

III. **Propositions.** — Après avoir expliqué les raisons qui poussèrent la Commission, dont il fut rapporteur, à rechercher les moyens pratiques de circonscrire, sinon d'empêcher le cumul des fonctions législatives et financières, M. Joseph Barthélémy aboutit aux conclusions suivantes, dont nous respecterons le texte, pour leur conserver leur caractère :

Votre commission a eu le souci d'éviter les manifestations de principe dépourvues de conséquences pratiques ; elle s'est préoccupée d'éviter les grands coups d'épée dans l'eau, qui n'ajoutent rien à l'autorité des assemblées ; elle n'a pas voulu vous proposer d'élever, autour de la considération du Parlement, des barrièrrs de carton. Elle n'a entendu soumettre à vos délibérations que des dispositions positives, pratiques, efficaces et pourvues de sanctions.

Elle a entendu également respecter la liberté du suffrage universel. Elle n'établit aucune inégalité nouvelle ; elle vous propose seulement de supprimer les abus de certaines comptabilités.

a) *Interdiction d'user du titre de parlementaire dans les affaires financières, industrielles ou commerciales.*

Victor Hugo rapporte dans « Choses vues » un incident, dont il a été le témoin à la Chambre des Pairs : M. de Mareuil, membre de la Haute assemblée, avait imprimé un prospectus pour un vin de Champagne provenant de ses propriétés, et la marque comprenait non seulement la couronne de comte avec les armes de Mareuil, mais encore le manteau de pair. « Si un simple conseiller faisait chose pareille dans ma Cour, disait Franck Carré, j'assemblerais les chambres et je le ferais admoneste disciplinairement ».

Le Sénat, dans son règlement, s'est préoccupé de la question de haute convenance qui avait été ainsi soulevée dans le Palais, qu'il occupe aujourd'hui.

Votre commission vous propose de généraliser cette disposition et de l'armer de la sanction d'une amende.

b) *Interdiction aux membres du Parlement d'accepter des fonctions à la nomination de l'Etat ou de devenir fonctionnaires appointés* des entreprises ayant des liens avec l'Etat, sans se représenter devant les électeurs.

Digitized by Google

1. *Cristallisation des situations* — Votre commission a eu principalement en vue d'éviter la mise à profit, plus ou moins avouée, du mandat comme d'un marche-pied pour accéder aux situations financières. Elle ne porte par conséquent aucune atteinte aux situations existantes au jour de l'élection ; les électeurs ont jugé l'homme, ils ont décidé que, en dépit de sa situation dans une entreprise, il avait l'âme assez haute pour faire prévaloir l'intérêt général sur le particulier. La majorité de votre commission a pensé que ce jugement du peuple souverain devrait être respecté.

2. *Application aux membres du Parlement, entrant dans certaines situations financières, de la règle de nos lois organiques concernant le député nommé à une fonction publique compatible.* — La majorité de votre commission vous propose une extension, à certaines situations financières, du système de l'article 11 de la loi du 30 novembre 1875 : « Tout député nommé ou promu à une fonction publique salariée, cesse d'appartenir à la Chambre par le fait même de son acceptation, mais il peut être réélu si la fonction qu'il occupe est compatible avec le mandat de député. »

Le député nommé ou promu à un des postes visés par la proposition de loi, que vous soumet votre commission, cesse d'appartenir à la Chambre par le fait même de son acceptation. Mais il peut se représenter devant les électeurs, appelés à décider si la situation nouvelle, qu'il a acceptée, lui laisse l'indépendance nécessaire à la gestion des intérêts publics.

Votre commission ne s'est pas dissimulé les objections impressionnantes, que soulève cette disposition : elles se résument dans cette formule, que la réélection serait une « eau lustrale », qui donnerait une innocence nouvelle au parlementaire, qui aurait su habilement trafiquer son mandat.

Votre commission n'a pas cru cependant devoir s'arrêter devant ces objections : avec le système actuel de scrutin, l'obligation de réélection ne manque pas d'être un sérieux obstacle devant lequel réfléchiront les intéressés; une campagne électorale dans tout un département est une entreprise fatigante, coûteuse et singulièrement hasardeuse.

A cette redoutable épreuve, le député, soumis à la réélection, se présentera dans des conditions très défavorables.

Il n'est pas besoin, ainsi que le demandait notre collègue M. Pressemane, d'une déclaration officielle à la préfecture. Les électeurs seront nécessairement prévenus du motif, qui ramène devant eux leur représentant. Ils jugeront. Votre commission a hésité à porter atteinte à la liberté de leur souveraine décision.

3. *Lien avec l'Etat.* — Votre commission, devant l'impossibilité de discerner législativement le « politicien d'affaires » de l'homme d'affaires estimable, vous propose d'ajourner la proposition de MM. Barthe, Félix et Moutet. Mais elle retient le principe de l'amendement de M. Uhsy et de la proposition de M. Mistral et de ses collègues du groupe socialiste.

C'est la présence d'un parlementaire dans une affaire, ayant des liens avec l'Etat, qui soulève la protestation la plus vive de la conscience publique.

Mais votre commission ne pouvait se dispenser de définir en quoi consiste le lien avec l'Etat.

Il ne lui a pas paru que le contrôle de l'Etat fût un lien suffisant pour amener l'obligation de réélection ; ainsi un parlementaire, devenant administrateur d'une compagnie d'assurances contrôlée, ne serait pas soumis à la réélection.

Le lien avec l'Etat consiste d'abord dans la garantie d'intérêts accolée à une entreprise.

Il découle, en second lieu, de la subvention accordée sur le trésor public, mais à la condition, évidemment, que cette subvention découle d'une décision spéciale intéressant particulièrement l'entreprise déterminée. S'il s'agissait, par conséquent, de concours de l'Etat résultant d'une loi générale, comme les concours que l'Etat s'engagerait automatiquement à accorder à des sociétés de retraite, de mutualité, à des associations syndicales d'intérêt public, etc..., les motifs d'exclusion disparaîtraient.

Le lien avec l'Etat découle, en troisième lieu, d'un contrat avec l'entreprise ayant un caractère de permanence : une convention avec une société de transports maritimes ou terrestres pour l'exploitation de certains réseaux, avec une entreprise de communications postales, télégraphiques, téléphoniques, avec fil ou sans fil, présenterait évidemment ce caractère.

Un simple rapport d'affaires, accidentellement ou momentanément établi, n'appellerait pas nécessairement l'application de la règle nouvelle. Toutefois, votre commission s'est déclarée unanimement favorable au principe de l'article additionnel déposé, en 1912, par notre collègue M. Justin Godart à la loi établissant un programme de constructions navales. Il appartiendra au Parlement de s'en inspirer à l'occasion et au Gouvernement de se le rappeler.

4. *Fonctions rémunérées et ayant un caractère de permanence.* — Votre commission vous propose d'atteindre toutes les fonctions dans les entreprises et rapports avec l'Etat, lorsqu'elles sont rémunérées avec un caractère de permanence.

Il ne s'agit pas d'interdire à un membre des Chambres de prêter accidentellement son concours, comme avocat, à une des entreprises visées. Mais la majorité de votre commission a estimé que s'il était opportun d'atteindre les administrateurs, il était encore plus nécessaire de se préoccuper du rôle que joue, dans la coulisse, le parlementaire avocat-conseil. Elle s'est inspirée de la disposition votée par les deux chambres, en 1912, en amendement de l'article additionnel, proposé par M. Justin Godart, et auquel nous venons de faire de nombreuses allusions. Il est des associés, qui publient les listes de leur conseil judiciaire : M. X..., notaire ; M. Y..., avoué ; M. Z..., avocat. Dans ces conditions, le lien permanent avec l'entreprise est patent, la situation est nette et la sanction s'applique.

5° *Sanction des dispositions.* — Tant vaut la sanction, tant vaut la loi. Le législateur doit s'abstenir, plutôt que de promulguer de simples principes philosophiques ou des règles de moralité à l'usage des consciences individuelles.

Plusieurs membres de la Commission se sont demandé s'ils ne bâtissaient en l'air et si les règles nouvelles, que l'on formulait avec tant de soin et de modération, n'étaient pas encore appelées à rester lettre morte.

Les lois suprêmes de l'organisation de l'Etat sont en fait dépourvues de sanctions. Il arrive évidemment un moment où l'on ne peut plus compter sur l'application spontanée par les pouvoirs publics des règles qui président à leur organisation. Si la Cour de Cassation refuse d'appliquer la loi, nul pouvoir supérieur ne pourra l'y contraindre. C'est là une observation vieille comme le monde, et qui nous est venue à travers les siècles sous la forme de l'axiome : « Quis custodem custodiet? »

La situation du député, nommé à une fonction financière incompatible (fonction à la nomination de l'État) ou à une fonction financière nécessitant la réélection est analogue à celle d'un député appelé à une fonction publique.

Informé d'une façon quelconque de la nomination d'un député à une fonction publique, votre bureau, par l'organe du secrétariat général, raye le député des contrôles de la Chambre. L'application de cette règle n'a pas, à ma connaissance, fait de difficultés.

Digitized by Google

On sait que la règle de la démission d'office du député, nommé à une fonction publique, cesse de s'appliquer pour les missions d'une durée inférieure à six mois. Par une interprétation très extensive de cette disposition de nos lois organiques, cette mission peut être renouvelée. Mais votre bureau refuserait le bénéfice de cette disposition au député intéressé, si le décret de renouvellement portait que la mission est renouvelée, ou que le député est maintenu dans sa fonction pour un nouveau délai.

Le bureau d'une des Chambres, informé, ou mieux encore, saisi de l'acceptation par un membre du Parlement d'une des fonctions prévues par la proposition de loi, demanderait des explications à l'intéressé, prononcerait une décision ou enfin soumettrait le problème à la Chambre ou au Sénat.

Les conclusions ont été modérées pour être efficaces. »

Ces conclusions sont en effet modérées, mais il est douteux qu'elles soient efficaces, si jamais elles parviennent à être appliquées.

Elles paraîtront insuffisantes aux uns et excessives aux autres et, dans ce domaine, le public, comme le parlementaire, se montre particulièrement ombrageux.

FERNAND-JACQ.
Docteur en droit.
Avocat à la Cour de Paris.

Législation, jurisprudence, règlementation

Sur la présentation des livres de comptabilité en vue de l'établissement de la taxe sur le chiffre d'affaires.

Le « Journal officiel » du 5 mai publie, page 1516 des « Débats parlementaires, Chambre des Députés », la question et la réponse qui suivent :

13191. — M. Périvier, député, signale à M. le ministre des Finances : 1° que les agents du fisc exigent la présentation des livres de comptabilité de certains commerçants soumis à la taxe sur le chiffre d'affaires, même en l'absence de ceux-ci, alors qu'il ne reste plus à la maison de commerce qu'un secrétaire non fondé de pouvoir, ou de personnes de la famille ignorant tout de la comptabilité; 2° que des contrôleurs exigent des commerçants la remise des comptes de leurs clients, qu'ils réclament même aux banques les comptes courants de dépôts et de nantissements intéressant certains contribuables, et demande s'il considère comme légaux de semblables procédés qui provoquent un mécontentement général, qui froissent profondément l'honneur commercial, et sont loin de favoriser l'acclimatation de la taxe sur le chiffre d'affaires. (Question du 25 mars 1922.)

Réponse. — 1° En principe, l'obligation imposée par l'article 67-1° de la loi du 25 juin 1920 et par l'article 32 de la loi du 31 juillet 1920 aux commerçants visés par ces textes de présenter aux agents des services financiers toutes justifications nécessaires à la fixation de leur chiffre d'affaires et tous les livres et documents annexés, pièces de recettes et de dépenses, etc., n'incombe qu'à ces commerçants eux-mêmes ou à leurs représentants qualifiés. Elle ne s'étend pas à de simples employés ou à des membres de la famille. Mais le refus de communication pourrait résulter, de faits révélant de la part du commerçant, l'intention de ne pas déférer à la réquisition de l'administration, tels que son absence sans avoir laissé d'ordre à son personnel pour la communication, bien qu'il ait été informé de la réquisition (rapp. cass. 21 mars 1848, Sirey [8-1-287]); 2° les termes généraux de l'article 32 de la loi du 31 juillet 1920 permettent à tous les agents du Trésor, ayant au moins le grade de contrôleur des contributions directes ou d'inspecteur-adjoint de l'enregistrement, de rechercher dans tous les livres, documents, pièces de recettes et de dépenses, des commerçants faisant un chiffre d'affaires supérieur à 50 000 fr, les éléments nécessaires au contrôle des déclarations souscrites pour le payement de l'impôt sur le chiffre d'affaires. Au nombre de ces documents figurent, sans aucun doute, lorsqu'il s'agit d'une banque, les comptes courants de dépôts et de nantissements.

Sur l'impôt sur les affaires conclues avant le 1er avril 1921.

Le « Journal officiel » du 23 mai 1922, publie, page 1530 des « Débats parlementaires, Chambre des Députés, » la question et la réponse qui suivent :

13040. — M. Grinda, député, signale à M. le ministre des Finances que l'administration de l'enregistrement, conformément au vote de la Chambre, a décidé de rembourser l'impôt de 1,10 pour 100 sur les affaires conclues avant le 1er avril 1921, et demande pourquoi l'administration des douanes refuse d'appliquer une disposition analogue, adoptée également par la Chambre, pour les marchandises importées par contrats antérieurs au 1er juillet 1920 ayant fait l'objet d'une vente à l'intérieur avant cette date. (Question du 17 mars 1922.)

Réponse. — Tant qu'on n'aura pas voté définitivement le projet, adopté par la Chambre des Députés, modifiant un certain nombre de dispositions concernant l'impôt sur le chiffre d'affaires, la taxe de 1,10 pour 100 à l'importation se trouve régie par l'article 72 de la loi du 25 juin 1920, en vertu duquel cet impôt doit être perçu comme en matière de douane. Or, d'après la législation douanière, la déclaration de consommation constitue le fait générateur de l'impôt; la taxe est donc exigible sur toutes les marchandises ayant fait l'objet de déclarations déposées à partir de l'entrée en vigueur de la loi qui l'institue, sans égard à la date à laquelle lesdites marchandises ont été commandées ou achetées. Sans doute, en ce qui concerne l'impôt sur le chiffre d'affaires proprement dit, il a paru possible d'appliquer provisoirement la diposition votée par la Chambre des Députés, en vue d'exonérer de l'impôt les affaires conclues avant le 1er juillet 1920 dans la mesure où les marchandises ont été livrées et les services exécutés avant le 1er avril 1921. La raison en est que cette disposition avait été acceptée par le Gouvernement et la Commission des Finances de la Chambre et qu'avant le vote, le 2 juillet dernier, d'une proposition de résolution déposée par M. Israël, le Gouvernement s'est engagé à appliquer provisoirement, sous la réserve expresse des droits du Sénat et du principe de la non-rétroactivité des lois, les exonérations nouvelles contenues dans le projet de loi auxquelles il avait donné son assentiment. Tel n'est pas le cas en ce qui concerne la taxe à l'importation, pour laquelle l'exonération des affaires antérieures au 1er juillet 1920 a été combattue à la fois par la Commission des Finances et par le Gouvernement.

Digitized by Google

REVUE GÉNÉRALE DE L'ÉLECTRICITÉ

Organe de l'Union des Syndicats de l'Électricité

réunissant

LA REVUE ÉLECTRIQUE 1904-1916 — LA LUMIÈRE ÉLECTRIQUE 1879-1916

DIRECTEUR : J. BLONDIN, Agrégé de l'Université.

6e ANNÉE. — TOME XII. — N° 2. — 15 JUILLET 1922.

Chronique. — Le voyage d'études de la Société des Ingénieurs civils dans la région normande. — Inauguration de l'usine génératrice d'électricité de Gennevilliers. — Bibliographie : Conférences-rapports de documentation sur la Physique, p. 41-42.

Union des Syndicats de l'Electricité, discours prononcé par M. Legouez, président de l'Union, au dîner du 28 juin 1922, p. 43.

Section scientifique et technique. — Application des abaques Brown et Blondel à quelques problèmes concernant les lignes télégraphiques et téléphoniques, par L. CAHEN, p. 47. — Revues, analyses et informations : La capacité effective des bobines à plusieurs couches à section carrée et circulaire, p. 50 ; Sur le rayonnement des antennes circulaires et semi-circulaires, p. 52.

Section industrielle. — La grande centrale thermoélectrique de Comines (Nord), par J. REYVAL, p. 55. — Sur le projet de normalisation des dimensions des éléments de la construction mécanique, par H. DE PISTOYE, p. 68. — Revues, analyses et informations : Etude sur le pont de Thomson, p. 71 ; Le rapport entre le rendement et les frais d'exploitation des petits moteurs et génératrices, p. 72 ; Détermination du coefficient d'écoulement des vannes du barrage mobile d'Augst-Whylen, p. 73 ; Les radiocommunications à longue distance, p. 74 ; Essais comparatifs de rendement de systèmes domestiques de chauffage et de caisson, p. 76.

Section économique et financière. — Lebon et Cie, Compagnie centrale d'Eclairage par le Gaz, p. 77 ; Compagnie générale des Câbles de Lyon, p. 78.

Section de législation. — L'enregistrement des polices de consommation, par Paul BOUGAULT, p. 79.

Le voyage d'études de la Société des Ingénieurs civils dans la région normande. — C'est la région industrielle de la Normandie ayant pour centres Rouen, Le Havre et Caen qui, cette année, avait été choisie par la Société des Ingénieurs civils comme but du voyage d'études, qu'elle organise annuellement. Une trentaine de membres de la Société parmi lesquels se trouvaient M. Laubeuf, membre de l'Institut, président de la Société et M. A. Guillet, professeur au Conservatoire des Arts et Métiers, vice-président, ont suivi ce voyage de bout en bout ; mais, dans chacune des villes traversées, venaient s'ajoindre à ce groupe de nombreux ingénieurs de la région.

Partis de Paris le dimanche 2 juillet à 8 heures, les excursionnistes arrivaient à Rouen pour l'heure du déjeuner et utilisaient l'après-midi à la visite de quelques-uns des innombrables monuments historiques dont s'enorgueillit à juste titre la capitale de la Normandie.

Le lendemain, dès 6 h 15, les excursionnistes montaient en autocars pour se rendre aux Ateliers et Chantiers de la Seine maritime fondés au cours de la guerre par la Société Worms et Cie, sur le territoire de la petite commune du Trait, située à une trentaine de kilomètres en aval de Rouen ; là ils assistaient au lancement d'un cargo-charbonnier, le « Capitaine Prieur », puis, après la visite des chantiers et de la cité ouvrière (1), retournaient à Rouen en s'arrêtant, en passant, aux raffineries de pétrole de la Société anonyme La Pétrolienne. L'après-midi, ils visitaient les installations des hauts fourneaux de Rouen, au Grand Quevilly.

La journée du mardi fut consacrée à la descente de la Seine sur le bateau « Bardouville » du Service des Ponts et Chaussées. Les excursionnistes purent ainsi se rendre compte sans fatigue des gigantesques travaux exécutés ou en voie d'exécution destinés à doter le port de Rouen des installations que nécessite l'importance de la région industrielle qu'il dessert, à faire de la Seine une voie facilement accessible aux gros navires et à rendre le port du Havre en mesure de lutter avantageusement avec ses concurrents de l'étranger.

Le mercredi eurent lieu les visites de quelques-uns des établissements industriels du Havre : Chantiers et Ateliers Auguste Normand, Forges et Chantiers de la Méditerranée, Usines Worms (fabrication d'agglomérés), Tréfileries et Laminoirs du Havre.

La visite des importantes installations créées à Harfleur par Schneider et Cie occupa la matinée du jeudi ; sous la conduite des ingénieurs de cette société,

(1) On trouvera une courte description de ces installations dans le compte rendu du Congrès de Rouen de l'Association française pour l'Avancement des Sciences donné dans la « Revue générale de l'Electricité » du 24 septembre 1921, t. X, p. 388.

Digitized by Google

les excursionnistes purent apprécier l'ampleur des ateliers qui furent construits au cours de la guerre en vue de la fabrication du matériel de guerre et qui sont aujourd'hui utilisés à des fabrications diverses, notamment à celle des moteurs électriques de petites puissances. L'après-midi, un groupe se rendit aux Chantiers et Ateliers de la Gironde, à Harfleur, puis aux Ateliers et Corderies de la Seine, situés dans le voisinage. Un autre groupe partit, sur l'invitation de M. Sosnowski, ingénieur-directeur de la Société de Laval, visiter l'usine élévatoire de Radicatel, située à une vingtaine de kilomètres dans la vallée de la Seine et destinée à fournir à la ville du Havre une partie de l'eau potable qui lui est nécessaire ; l'élévation de l'eau y est faite au moyen de trois groupes formés chacun d'une turbine à vapeur de Laval de 150 ch tournant à 15 000 tours par minute et entraînant, par un train d'engrenages réducteur de vitesse, une pompe centrifuge de Laval.

Le lendemain, embarquement à 6 h 45 sur le bateau de Caen et, après le déjeuner, visite des vastes chantiers de constructions navales installés durant la guerre par les Chantiers navals français ; puis visite des grandioses installations de la Société normande de Métallurgie dont les deux hauts fourneaux, actuellement en service et d'une production journalière de 400 t de fonte chacun, alimentent une aciérie Thomas et une aciérie Martin qui, à leur tour, alimentent deux grands ateliers de laminage ainsi qu'une fonderie. Le soir, après le dîner, les excursionnistes se séparaient, en se promettant mutuellement de prendre part au voyage d'études qui doit avoir lieu l'an prochain dans la région de Liége. Une telle promesse montre suffisamment et sans qu'il soit nécessaire d'insister l'intérêt que présentent ces excursions techniques ; elle est d'autant plus démonstrative que, cette année, le temps n'a guère été favorable et que la traversée du Havre à Caen a été, de ce fait, assez pénible.

Le voyage qui vient de se terminer était tout particulièrement choisi pour les ingénieurs s'occupant de travaux publics, de constructions mécaniques ou de métallurgie. Mais, bien qu'il n'eut pas pour les ingénieurs électriciens le même attrait que celui de l'an dernier au cours duquel furent visitées de nombreuses usines hydroélectriques de la région du Sud-Est (1), il n'en a pas moins été très instructif pour ces derniers ingénieurs, qui ont pu ainsi se rendre compte de l'importance toujours croissante qu'ont prise les applications de l'électricité dans toutes les installations modernes, quelle que soit la spécialité de l'industrie en vue de laquelle elles ont été réalisées. A ce point de vue, la visite des installations de la Société normande de Métallurgie a été particulièrement instructive. Les divers services de cette société exigent, en effet, dès maintenant une puissance électrique d'une trentaine de milliers de kilowatts. Elle est fournie par une station centrale contenant deux groupes à moteurs à gaz de hauts-fourneaux de 4 800 kw chacun et quatre turbo-alternateurs, alimentés par des chaudières chauffées au gaz de hauts-fourneaux, de 6 000 et 4 000 kw ; des emplacements sont d'ailleurs prévus pour l'installation ultérieure de quatre autres groupes à moteurs à gaz et quelques turbo-alternateurs. Cette station centrale dessert plusieurs sous-stations où la tension de 5 000 v des courants triphasés est abaissée à la tension d'utilisation ; elle dessert aussi une importante sous-station contenant trois groupes convertisseurs Ilgner fournissant du courant continu aux moteurs des laminoirs, moteurs dont l'un, celui qui commande le train blooming, est capable de donner jusqu'à 15 000 kw. Ces quelques nombres montrent l'importance de ces installations, dont nous espérons pouvoir publier prochainement une description.

(1) Voir *R. G. E.*, 23 juillet 1921, t. x, p. 121-122.

Inauguration de l'usine génératrice d'électricité de Gennevilliers. — Mercredi dernier 5 juillet, a eu lieu, en présence de M. Le Trocquer, ministre des Travaux publics, l'inauguration officielle de la grande usine génératrice de Gennevilliers que vient de faire construire l'Union d'Electricité en vue de remplacer les usines alimentant jusqu'ici la région parisienne en énergie électrique.

On sait que l'usine de Gennevilliers sera, après son complet achèvement, la plus puissante du monde. Les projets prévoient en effet l'installation de huit groupes électrogènes ayant chacun une puissance de 40 000 kw, soit 320 000 kw pour l'ensemble de l'usine. Trois de ces groupes, dont deux fournis la Société alsacienne de Constructions mécaniques et le troisième, par la maison Escher Wyss pour la turbine et la maison Schneider et Cie pour l'alternateur, sont actuellement en fonctionnement ; le quatrième groupe, en montage, ne tardera pas à être mis en service et l'on procède au montage du condenseur du cinquième groupe.

L'installation de la salle de chauffe, qui doit contenir 5 chaudières Stirling de 2 100 m² de surface de chauffe et 10 chaudières Babcock et Wilcox de 1 330 m² de surface de chauffe, est actuellement très avancée et celle du bâtiment des appareils à haute tension est presque entièrement achevée.

A la suite de la visite, M. Petsche, président du Conseil d'administration de l'Union d'Electricité, prononça un discours dans lequel il rappela l'origine et le but de cette société ainsi que les difficultés qu'il lui fallut surmonter pour arriver à construire, dans les conditions actuelles et en si peu de temps, une usine aussi importante que celle de Gennevilliers. Dans sa réponse, M. Le Trocquer félicita M. Petsche et ses collaborateurs de leur initiative.

Bibliographie : Conférences-rapports de documentation sur la physique. — Les conférences-rapports qui ont eu lieu cette année à la Sorbonne et dont un compte rendu a été donné dans ces colonnes, vont être publiées en fascicules contenant deux ou trois conférences et vendus 10 ou 15 fr. Il est prévu des abonnements pour l'ensemble des vingt conférences-rapports déjà faites au prix de 80 fr pour la France et de 90 fr pour l'étranger. Une réduction de 25 pour 100 sur les prix d'abonnement et de 20 pour 100 sur ceux des fascicules séparés est accordée aux membres de la Société française des Electriciens, de la Société française de Physique et des diverses sociétés affiliées à la Confédération des Sociétés scientifiques de France ; pour profiter de cette réduction, les membres de ces sociétés devront s'adresser directement à l'un des deux dépositaires : Les Presses universitaires de France, 49, boulevard Saint-Michel et Librairie scientifique Albert Blanchard, 3, place de la Sorbonne, Paris V^e^.

Le premier fascicule, contenant les trois conférences faites par M. Maurice de Broglie sur « les rayons X » paraîtra dans quelques jours ; la publication du second fascicule, contenant les deux conférences de M. Léon Brillouin sur « la théorie des quanta », suivra de près.

Digitized by Google

Union des Syndicats de l'Électricité

Discours prononcé par M. Legouez, président de l'Union, au dîner du 28 juin 1922

Monsieur le Ministre,

Mon nom à forme bretonne m'a incité à lire avec une attention toute particulière d'admirables articles, sur l'âme celtique et le génie de la France, parus il y a quelques mois sous la signature d'Edouard Schuré. La conclusion de cette étude s'est imposée à mon esprit au moment de m'adresser à vous. « Le désir superbe et généreux de l'âme celtique, dit-elle, est d'embrasser les deux mondes que le moyen-âge considérait comme inconciliables, la Terre et le Ciel », la réalité et l'idéal. Vos qualités d'ingénieur et d'administrateur vous font envisager et solutionner avec énergie les réalités de la vie économique, mais vous avez aussi, Monsieur le Ministre, poursuivi avec succès un idéal réputé presque irréalisable... la stabilité ministérielle. Et nous nous en réjouissons plus que tous autres, parce qu'elle nous vaut le plaisir et l'honneur de vous voir présider, une fois de plus, notre banquet annuel. Au nom de l'Union des Syndicats de l'Electricité, je tenais à vous en remercier chaleureusement.

Monsieur le secrétaire général, nous vous remercions d'avoir bien voulu, en venant ce soir parmi nous, nous prouver que, malgré les si multiples et si lourdes charges qui vous incombent, quoique votre situation et votre récent succès électoral vous appellent à embrasser de plus vastes horizons, vous n'avez pas oublié que vous aviez été le directeur des Services électriques. Croyez que, de notre côté, nous nous souvenons de l'énergie clairvoyante avec laquelle vous nous avez aidé à nous relever et à oser travailler pour l'avenir dans des heures difficiles.

M. Faissat, attaché au Cabinet de M. le ministre du Commerce, empêché d'assister à notre réunion, a bien voulu le représenter. Je le prie de porter à M. le Ministre l'expression de nos regrets et aussi de nos remerciements d'avoir bien voulu vous désigner.

M. Carrier, directeur des Eaux et Forêts, représente parmi nous le ministre de l'Agriculture. Il y a bien longtemps que j'ai eu le plaisir d'entrer en relations avec lui et je suis heureux qu'il vienne ici prendre contact avec les électriciens dont le rôle, dans le monde agricole, est appelé à devenir considérable. Il pourra dire à son ministre qu'ils sont des hommes aimables et qu'il peut, sans crainte, les appeler à siéger dans les commissions qu'il constitue pour s'occuper de l'application de l'électricité à l'agriculture. Il y a de longues années que, sous la présidence de mon ami Eschwege, une commission a été constituée au sein de notre Union, pour étudier la question. Notre expérience et les documents déjà recueillis seront certainement utiles à l'administration de l'Agriculture.

M. Crehange, sous-directeur au Ministère du Travail, représente, et nous en sommes particulièrement heureux, un des départements avec lequel nous sommes en relations chaque jour.

L'électricité envahit et éclaire d'ailleurs tous les ministères, mais elle fait aussi beaucoup parler d'elle au Parlement. M. le sénateur Goy, qui a écouté avec tant d'attention et de bienveillance nos demandes relatives à la loi sur les grands réseaux, nous donne, en venant ce soir, une nouvelle marque de sympathie dont nous lui sommes bien reconnaissants.

Nos remerciements vont aussi à M. le député Haudos. Qu'il se tranquillise, je ne parlerai pas de questions douanières et, d'ailleurs, ce serait inutile, puisqu'il sait bien que l'Union s'efforce de lui faciliter sa tâche en réunissant dans son sein les fabricants de matériel électrique et les principaux acheteurs producteurs d'énergie, chemins de fer et tramways.

La présence de MM. Bachellery, Parodi et Bordas en sont la preuve et je les remercie de marquer par leur présence notre constant accord.

Monsieur le président de la Chambre de Commerce, je vous approche de trop près pour ne pas savoir combien haute est la marque de sympathie et d'amitié que vous donnez à l'Union des Syndicats de l'Electricité et à son président, en honorant notre réunion annuelle de votre présence. Notre groupement a la prétention, par l'importance des capitaux qu'il représente, d'être classé parmi les groupements industriels les plus considérables; mais tous nos efforts seraient trop souvent paralysés, si nous ne pouvions compter sur la bienveillante attention du représentant le plus autorisé du commerce à Paris. C'est dire le prix que nous attachons à votre présence et je suis sûr d'être l'interprète de tous en vous disant bien cordialement notre reconnaissance.

L'Union est heureuse de voir les grandes associations se joindre à nous ce soir, et je salue M. Ernault, président du Syndicat des Mécaniciens, Chaudronniers et Fondeurs; M. de Lavergne, secrétaire général de la Confédération générale de la Production française;

Digitized by Google

M. Lambert-Ribot, secrétaire général de l'Union des Industries métallurgiques et minières, M. Coville, secrétaire général du Syndicat des Mécaniciens.

Je suis particulièrement reconnaissant aussi d'avoir accepté l'invitation que nous leur avons adressée bien cordialement aux représentants du ministère des Travaux publics, M. Arbelot, directeur des Services hydrauliques et électriques, à MM. les inspecteurs généraux de la Brosse, Monmerqué et Domergue, à MM. les ingénieurs en chef Ourson, Le Gavrian, et à M. Dennery, chef de bureau des Forces hydrauliques.

Beaucoup d'entre eux sont pour moi des camarades et des amis de vieille date. Nous nous heurtons quelquefois, dans les comités et les commissions, dans la défense de nos intérêts. Mais ils apportent dans ces discussions tant de sincérité et de courtoisie que les bons coups que nous portons nous font meilleurs amis, toujours prêts à marcher la main dans la main, quand il faut unir nos efforts pour le développement et le bon renom de l'industrie française.

Nous sommes heureux aussi que M. Daniel Berthelot ait bien voulu représenter, ici, la science qui est, peut-être plus que dans bien d'autres industries, la base de nos travaux.

Cette science est enseignée à l'élite des ingénieurs par l'Ecole supérieure d'Electricité. Nous devons donc une reconnaissance toute spéciale à MM. Janet et Chaumat et aussi au président de l'Association des Anciens élèves, M. Cellerier.

Je m'en voudrais d'oublier les représentants de la presse : notre ami, M. Bernard-Précy, le fondateur et l'actif directeur de la « Journée industrielle » qui défend si énergiquement les intérêts de l'industrie, ainsi que les membres de la presse technique, si utile à la fois pour notre instruction personnelle et pour faire connaître à l'étranger la haute valeur de la science et de l'électricité en France.

Je voudrais m'adresser personnellement à tous nos hôtes ; car il n'en est pas qui ne soient pour nous un ami, un conseil ou un appui. Qu'ils m'excusent de les remercier tous ensemble sans les nommer ; ma bien vive reconnaissance va à tous.

Monsieur le Ministre,

L'industrie de la production et de la distribution de l'électricité est vraiment une industrie bien difficile et bien lourde. Qu'il s'agisse de reconstruire en les améliorant nos usines et nos centrales détruites par la guerre, que le renouvellement d'un outillage surmené par les besoins de la Défense ou démodé s'impose à nous ; qu'il s'agisse de faire face, par des agrandissements incessants ou la création de nouvelles usines thermiques ou hydrauliques, à une demande d'énergie qui augmente parfois si vite que nous avons peine à la suivre et à la satisfaire ; qu'il s'agisse des milliards prévus pour la création d'un grand réseau de transport ; qu'il s'agisse de répondre au désir de faire pénétrer l'électricité dans les campagnes pour les besoins agricoles, toujours il nous faut faire appel à de nouveaux capitaux. Pour nos trois millions de chevaux-vapeur, nos 23 000 km de lignes, nous avons dépensé déjà près de trois milliards et le programme rédigé par la commission que présidait M. Monmerqué prévoit 15 milliards de dépenses nouvelles. Et ce n'est qu'une prévision ; entre ingénieurs nous pouvons bien avouer que nous nous trompons quelquefois et qu'il est probable qu'il faudra ajouter quelques milliards à ce total impressionnant. M. le ministre des Finances peut vous dire ce que coûte un appel au crédit trop important et trop répété. Nous sommes donc loin d'entrevoir le bout de ce dur effort. Long, long est le chemin de Tipperary.

Et ce n'est pas un chemin aisé comme les belles routes en tar-macadam que vous faites construire. Notre route à nous est hérissée d'obstacles et les cailloux que l'on y sème sont tout au plus bons à nous faire choir.

Vous connaissez la campagne injuste qui a été menée dans la Presse et au Parlement contre les producteurs et contre l'index économique. Ce pauvre index est bien innocent de tous les crimes dont on l'accuse à telle enseigne qu'aujourd'hui avec la baisse des charbons, il apporte chaque trimestre une agréable surprise aux consommateurs. Continuez à le défendre, M. le Ministre, ce sera justice. Vous aurez d'ailleurs, un jour, l'agréable surprise d'entendre, comme je l'ai entendu récemment à l'Hôtel de Ville de Paris, le représentant de l'Association des Consommateurs déclarer qu'il n'en demandait pas *quant à présent* la modification. Je vous assure que j'ai goûté cet euphémisme, que j'ai eu le sourire. Je pense que vous en apprécierez comme moi la saveur.

Nous comptons donc que vous nous continuerez votre précieux appui. Nous en avons encore bien besoin pour cela et aussi pour bien d'autres choses. On a coutume de dire que la main-d'œuvre joue un rôle bien faible dans notre industrie. Rien n'est moins exact : car si l'on voit peu d'ouvriers dans nos usines, la hausse de la main-d'œuvre aggrave nos charges en relevant dans d'énormes proportions le prix de notre matériel et celui du charbon que nous consommons, ainsi que les frais de transport. Quant à la distribution, elle nécessite, pour l'entretien des lignes et la perception, un personnel nombreux.

Nous comprenons fort bien que la cherté de la vie oblige à mieux payer l'ouvrier, qu'il a le droit d'aspirer à plus de bien-être. Mais ce qui rend la charge insupportable, c'est que ce surcroît de dépenses s'accompagne, grâce à la loi de huit heures, ou plutôt à la manière dont elle a été appliquée jusqu'ici, à une diminution de rendement.

Il faut avoir le courage de reconnaître que l'on s'est lourdement trompé en 1919, doublement trompé en se laissant prendre au mirage d'une augmentation du rendement horaire et, aussi, en cédant à la surenchère des meneurs au lieu de faire confiance dans le bon

Digitized by Google

sens de l'ouvrier français. Il y a quelques jours à peine que cette question est venue devant le Conseil supérieur des Chemins de fer, et quand une grosse majorité a demandé le rétablissement d'un palier de trois cents heures, les délégués ouvriers ont prouvé par leur attitude, que, s'ils ne pouvaient pas aller jusqu'à appuyer la proposition, ils en comprenaient la nécessité.

Nous espérons, Monsieur le Ministre, que vous appuierez énergiquement cette conclusion sans vous laisser arrêter par certaines arguties de droit dont j'ai entendu l'écho. Les adopter serait faire tort au pays tout entier et ce serait le cas de répéter l'adage : summum jus, summa injuria. Votre décision aura un poids énorme, car ce sera tout à la fois un exemple de sagesse dont l'effet sera considérable et le premier pas dans la voie des économies nécessaires pour pouvoir réduire le prix des transports.

Cette double question du prix des transports et de la journée de huit heures ne préoccupe pas seulement les producteurs. Les constructeurs de matériel électrique, qui constituent une partie aussi importante de notre Union, en attendent la solution peut-être avec plus d'angoisse encore. Vont-ils pouvoir soutenir la concurrence étrangère sur le marché intérieur et tirer le fruit des efforts qu'ils ont faits pour améliorer et développer leurs moyens de fabrication en vue de l'exportation.

A l'intérieur, l'exagératien des prix de revient, due à cette double cause, a pour effet de restreindre la consommation et pourrait annihiler les efforts que nous avons faits pour reconquérir le marché, que nous disputait âprement avant la guerre l'industrie allemande. La Suisse et l'Amérique vont-elles prendre sa place? C'est pour une industrie, comme la nôtre, une éventualité redoutable. L'industriel qui a acheté une machine étrangère, et il y en a de bonnes, continuera fatalement à faire venir des pièces de rechange et, s'il envisage des extensions, aura une tendance toute naturelle à préférer un matériel qu'il connaît et à éviter les difficultés et les frais qu'entraînent, dans un même atelier, l'emploi et l'entretien de machines d'origines différentes. C'est un des motifs pour lesquels, sans combattre l'accord de Wiesbaden, nous avons demandé que son application soit très surveillée. Nous craignons, si l'Allemagne ne se dérobe pas pour les paiements en nature, comme pour les paiements en espèces, qu'elle ne cherche à profiter de l'occasion pour reconquérir une clientèle que nous avions pu lui arracher. Partout où elle verra un intérêt d'avenir, elle saura faire les sacrifices nécessaires et, au contraire, trouvera mille prétextes pour ne pas livrer les matières consommables, comme le charbon, le bois, que nous pouvons, sans danger et même avec avantage pour notre industrie prendre chez elle.

La concurrence américaine se dessine pour l'électrification des chemins de fer. Nous avons prouvé, lors du concours organisé par la Compagnie des Chemins de fer du Midi, que nous pouvions construire d'excellentes locomotives électriques ; nous avons pour la construction des lignes à très haute tension et notamment pour la fabrication des isolateurs fait un effort énorme, qui a frappé tous les étrangers lorsqu'ils sont venus, l'an dernier, à la Conférence internationale que vous avez bien voulu inaugurer. Et cependant, le snobisme du matériel américain persiste et nous avons peine à nous faire rendre justice. Nous comptons convoquer une nouvelle conférence au printemps prochain, et nous redoutons que le prestige de notre industrie soit singulièrement amoindri, si les étrangers voient sur nos réseaux trop de matériel américain. Espérons que les ingénieurs des grandes compagnies puiseront, dans leur patriotisme, l'énergie nécessaire pour comprendre que notre intérêt est de leur offrir du matériel de première qualité et qu'ils nous feront confiance.

Pour l'exportation, les difficultés sont plus grandes encore. Et quand les économistes éminents, on sait qu'ils le sont tous, nous reprochent de ne pas développer nos exportations, n'avons-nous pas le droit de leur répondre que le développement de l'exportation ne sera possible que lorsque nous pourrons abaisser nos prix de revient, encore obérés par le coût de la main-d'œuvre et le prix des transports, sans parler des charges fiscales qui paraissent d'autant plus lourdes que leur caractère inquisitorial est plus odieux. La charge en tombe presqu'exclusivement sur le commerce et l'industrie et il y a quelque ironie à nous reprocher de ne pas dépasser nos concurrents dans la lutte économique, en nous contraignant à porter un poids aussi lourd. Pour employer le jargon à la mode, nous sommes trop souvent handicapés.

Peut-être trouverez-vous, Monsieur le Ministre, que je vous fais un tableau un peu sombre de la situation. Non. Le pessimisme et le découragement ne sont pas notre fait; bien au contraire, nous gardons une foi tenace dans l'avenir : nous avons accueilli avec reconnaissance les améliorations, si modestes qu'elles soient, que nous font augurer le traité de commerce avec l'Espagne et la revision en cours des tarifs de chemins de fer. Il est indispensable de persévérer dans cette voie. Votre présence ici, ainsi que celle du délégué de M. le ministre du Commerce, nous prouve que vous comprenez notre désir de collaborer en toute confiance avec les pouvoirs publics pour le relèvement économique de la France.

Qu'il s'agisse de la Conférence internationale à laquelle je faisais allusion tout à l'heure et qui a constitué pour nous la plus saine des propagandes, qu'il s'agisse de reconstruire notre Ecole supérieure d'Electricité, pépinière d'ingénieurs aussi estimés à l'étranger qu'en France, mais dont l'installation matérielle est devenue par trop défectueuse et insuffisante, nous saurons faire les sacrifices nécessaires. Mais il faut aussi que l'Administration nous aide de son autorité, nous protège ou plutôt nous soutienne à l'intérieur

Digitized by Google

comme à l'extérieur. Votre présence ici nous est le meilleur gage que le gouvernement nous donnera un appui aussi vigoureux que celui que le Gouvernement allemand assurait à son industrie, et qui a fait dire de l'empereur qu'il était le premier des voyageurs de commerce.

Vous vous étonneriez, Monsieur le Ministre, qu'à la fin de son allocution le président ne vous présente pas une requête particulièrement pressante, je veux dire une demande de subvention. Vous m'avez entendu saluer les représentants de l'Ecole supérieure de l'Electricité et je vous ai dit que son succès nous obligeait à envisager sa reconstruction. C'est une entreprise évaluée à 12 millions de francs. En véritable apôtre, l'un de nous, M. Geoffroy, plaide la bonne cause ; il est certain que toutes les grandes sociétés répondront à son appel. Il a une manière si engageante de leur dire qu'il leur suffit de donner une subvention évaluée à 1 pour mille de leur capital pendant cinq ans. D'autres industries qui utilisent l'électricité sous toutes ses formes ne pourront manquer de comprendre que cette école est pour eux une pépinière de collaborateurs de premier ordre. Mais le ministre des Travaux publics qui subventionne, et nous l'en remercions, les instituts électrotechniques, oubliera-t-il cet établissement de haute culture qui rend les plus grands services aux administrations de l'Etat, ingénieurs des postes et télégraphes avec et sans fil ingénieurs du génie rural, officiers de l'armée de terre et officiers de marine. C'est en toute confiance que je lui demande de nous aider.

Les articles parus dans les journaux d'hier, au sujet de l'utilisation, sur le compte des réparations, de la main-d'œuvre et du matériel allemand notamment pour les usines hydroélectriques et les lignes de transport à haute tension, ont soulevé une grosse émotion parmi nous. Vous auriez dit, Monsieur le Ministre, que vous écouteriez tous les intéressés. Confiant dans votre parole, je m'abstiendrai de toute réflexion hâtive, mais je vous serais profondément reconnaissant si vous pouviez nous dire en quelques mots quelles sont vos intentions en ce qui nous concerne et rassurer ainsi dès ce soir tant de graves intérêts qui s'alarment (1).

Messieurs, je vous demande de lever avec moi vos verres en l'honneur de M. le ministre des Travaux publics, des représentants de MM. les ministres du Commerce, de l'Agriculture et du Travail et de tous nos hôtes (2).

(1) On trouvera dans le précédent numéro de la « Revue Générale de l'Electricité », 8 juillet, 1922, t. XII, p. 2, la réponse faite par M. Le Trocquer à cette question.

(2) Assistaient au banquet, aux côtés de M. Legouez, président de l'Union des Syndicats de l'Electricité :

MM. Le Trocquer, ministre des Travaux publics, accompagné de M. Collard-Hortingue, son chef de Cabinet ; Goy, sénateur, et Haudos, député, président de la Commission des Douanes de la Chambre ; Faissat, représentant M. le ministre du Commerce ; Mahieu, secrétaire général du ministère des Travaux publics ; Charrier, directeur général des Eaux et Forêts ; Arbelot, directeur des Distributions d'Energie électrique au ministère des Travaux publics ; Créhange, sous-directeur au Ministère du Travail ; de la Brosse et Monmerqué, inspecteurs généraux des Ponts et Chaussés ; Domergue, Le Gavrian et Ourson, ingénieurs en chef des Ponts et Chaussées ; Dennery, chef de bureau au Ministère des Travaux publics ; Daniel Berthelot et Janet, membres de l'Institut ; Roger, président de la Chambre de Commerce de Paris ; Cahen, préaident du Syndicat des Producteurs et Distributeurs d'énergie électrique ; Ernault, président du Syndicat des Mécaniciens ; Schwarberg, président du Syndicat des Industries électriques ; Ulrich, président du Syndicat des Entrepreneurs de grands Réseaux et de Centrales électriques ; Brylinski, président du Comité électrotechnique français ; Bachellery, ingénieur en chef des Chemins de fer du Midi ; Parodi, ingénieur en chef au Chemin de fer d'Orléans ; de Lavergne, secrétaire général de la Confédération générale de la Produdtion française ; Lambert-Ribot, secrétaire général de l'Union des Industries métallurgiques et minières ; Tribot-Laspière, secrétaire général de l'Union des Syndicats de l'Electricité ; Coville, secrétaire général du Syndicat des Mécaniciens ; Tochon, secrétaire de la Chambre Syndicale des Forces Hydrauliques ; Tassard, secrétaire du Syndicat de la Porcelaine électrotechnique ; Cellerier, directeur du Laboratoire du Conservatoire des Arts et Métiers ; Chaumat, professeur au Conservatoire des Arts et Métiers ; Bernard-Précy, directeur de la « Journée Industrielle » ; Dumas, rédacteur en chef du « Génie Civil » ; Blondin, directeur de la « Revue générale de l'Electricité » ; Frénoy, Sirey et de la Taste, avocats à la Cour d'Appel, etc.

Digitized by Google

SECTION SCIENTIFIQUE & TECHNIQUE

Application des abaques Brown et Blondel à quelques problèmes concernant les lignes télégraphiques et téléphoniques

L'auteur de cette note indique les applications des abaques des tangentes hyperboliques et des cosinus hyperboliques d'arcs vectoriels à la résolution de divers problèmes concernant les lignes télégraphiques et téléphoniques. L'abaque des tangentes hyperboliques permet, en particulier, la détermination de l'impédance à l'extrémité d'un ensemble formé de deux lignes de caractéristiques différentes et la localisation du point de rupture d'un fil; l'abaque des cosinus hyperboliques donne une solution rapide de divers problèmes tels que la détermination du coefficient d'affaiblissement d'une ligne au milieu de laquelle est intercalé un ensemble d'impédances.

La « R. G. E. » dans son numéro du 20 juillet 1918 a publié un article de MM. Latour et Viard relatif à un système d'abaques imaginé par M. Brown de Philadelphie. L'article montrait la commodité, pour les calculs de transmission de l'énergie sur les lignes, de ces abaques qui donnent tgh $(x+jy)$ et mod cosh $(x+jy)$ en fonction de x et y.

M. Blondel dans la « R. G. E. » des 31 juillet, 7, 14, et 21 août 1920, t. VIII, p. 131-141, 163-174, 195-206 et 227-236, a repris et complété ces abaques et leur a fait jouer un rôle important dans l'exposé de ses méthodes de calcul. Enfin M. Brown est revenu à son tour sur la question dans un article de novembre 1921 (1).

Nous voudrions aujourd'hui en indiquer quelques applications plus spéciales aux lignes téléphoniques et télégraphiques.

I. — **Applications de l'abaque des tangentes hyperboliques.** — 1° CALCUL DE L'IMPÉDANCE A L'EXTRÉMITÉ D'UN ENSEMBLE FORMÉ DE DEUX LIGNES DE CARACTÉRISTIQUES DIFFÉRENTES. — Soient Z, Z' les valeurs respectives des caractéristiques des deux lignes, $\sigma l = (\alpha + j\beta) l$ et $\sigma' l' = (\alpha' + j\beta') l'$ leurs coefficients de transmission. On sait que l'ensemble peut être considéré comme ayant un coefficient de transmission S unique et des impédances caractéristiques différentes à chaque extrémité, Z_1 et Z_2. La connaissance de ces valeurs est importante, car ce sont elles qui règlent les réflexions entre cet ensemble et les lignes ou appareils susceptibles de lui être reliés.

Soit à calculer Z_1 qui correspond au côté de la ligne $Z, \sigma l$. Le calcul donne l'équation (1)

$$Z_1 = Z\sqrt{\frac{\operatorname{tgh}\sigma l + \frac{Z'}{Z}\operatorname{tgh}\sigma' l'}{1+\frac{Z'}{Z}\operatorname{tgh}\sigma l \times \operatorname{tgh}\sigma' l'} \times \frac{1+\frac{Z}{Z'}\operatorname{tgh}\sigma l \times \operatorname{tgh}\sigma' l'}{\operatorname{tgh}\sigma l + \frac{Z}{Z'}\operatorname{tgh}\sigma' l'}}.$$

Si l'on pose

$$\frac{Z'}{Z}\operatorname{tgh}\sigma' l' = \operatorname{tgh}\Phi,$$

$$\frac{Z}{Z'}\operatorname{tgh}\sigma' l' = \operatorname{tgh}\Psi,$$

on voit que l'équation (1) devient

$$(1') \qquad Z_1 = Z\sqrt{\frac{\operatorname{tgh}(\sigma l + \Phi)}{\operatorname{tg h}(\sigma l + \Psi)}}.$$

Connaissant $\sigma' l'$, on trouve sur l'abaque tgh $\sigma' l'$ en module et argument; d'où, par une multiplication, tgh Φ et tgh Ψ. L'abaque donne Φ et Ψ; d'où $\sigma l + \Psi$ et leurs tangentes hyperboliques. Il ne reste qu'à faire la division de deux quantités complexes connues par leur module et leur argument, puis la racine carrée du quotient, opérations simples.

Si $\sigma' l'$ est assez grand pour que tgh $\sigma' l'$ puisse être confondu avec l'unité, on a

$$\operatorname{tgh}\Phi = \frac{1}{\operatorname{tgh}\Psi},$$

$$Z_1 = Z\operatorname{tgh}(\sigma l + \Phi) \quad \text{avec} \quad \operatorname{tgh}\Phi = \frac{Z'}{Z}.$$

(1) *Journal of the American Institute of Electrical Engineers*, novembre 1921.

Digitized by Google

2° Localisation du point de rupture d'un fil. — On sait que, pour trouver le point où un fil est coupé, on mesure, en général, la capacité de ce fil à partir du poste d'essai et on divise le chiffre trouvé par la valeur kilométrique, connue à l'avance, ou déduite de celle d'un fil semblable. Cette méthode n'est rigoureuse que si la ligne est courte et bien isolée ; sinon, la capacité trouvée n'est plus proportionnelle à la longueur et la formule à appliquer dépend de la résistance et de l'isolement.

On peut, pour des lignes d'assez grande longueur, utiliser la méthode suivante.

Si l'on mesure, sous un courant alternatif sinusoïdal de fréquence quelconque, l'impédance Z d'une ligne dont l'autre extrémité est ouverte, on a

$$Z_i = \frac{Z}{\operatorname{tgh} \sigma l}; \tag{3}$$

d'où

$$\operatorname{tgh} \sigma l = \frac{Z}{Z_i}; \tag{4}$$

Z est l'impédance caractéristique de la ligne qui doit être connue ou qu'on peut mesurer sur une ligne semblable s'il s'agit d'un câble à paires multiples ; σ est le coefficient kilométrique de transmission pour la fréquence considérée, qui est également connu ; tgh σl est donc déduit de l'équation (4). Dans l'abaque de Brown, on trouve σl et, puisqu'on connaît σ, la valeur l de la distance du défaut (1).

La précision de la mesure décroît rapidement quand la partie réelle de σl, soit αl, nommée en général coefficient d'affaiblissement, dépasse 1,4 à 1,5. Pour $\alpha l = 1{,}57$, une erreur de 1 pour 100 sur tgh σl se traduit en moyenne par une erreur de 6 pour 100 sur αl et par suite sur l. Cette valeur de αl correspond à 24 km, pour un câble sous papier en fil de 1 mm mesuré sous un courant de pulsation $\omega = 5000$ radians par seconde et à 300 km sur une ligne aérienne en fil de 2,5 mm. On peut augmenter la longueur pratiquement utilisable, surtout pour les câbles souterrains, en choisissant un courant de faible fréquence. Pour $\omega = 1800$ radians par seconde (fréquence, 300 p : s environ), la longueur correspondant à $\alpha l = 1{,}5$ s'élève à 40 km.

Récemment un essai sur un câble long de 25 km a fait trouver, avec une précision assez grande, un défaut situé à environ 13 km de l'origine.

Cette méthode est susceptible de donner de bons résultats, même quand la ligne se compose de plusieurs tronçons de nature différente. Supposons qu'il s'agisse comme au 1° de deux tronçons.

(1) Si la ligne est courte,

$$Z_i = \frac{1}{(G + j\omega C) l}$$

G étant la perte et C, la capacité électrostatique. La méthode se ramène à la mesure ordinaire, mais la perte G est séparée de la capacité.

Alors l'impédance mesurée à l'origine du fil coupé est

$$Z_i = \frac{Z}{\operatorname{tgh} (\sigma l + \Psi)}, \tag{5}$$

Z étant l'impédance du tronçon de ligne situé du côté où l'on fait la mesure et Ψ ayant la même signification que ci-dessus (1°).

Tgh $(\sigma l + \Psi)$ est donc déduit de la mesure de Z_i, Z étant supposé connu ; $\sigma l + \Psi$ est lu sur l'abaque ; on en déduit Ψ et, par suite,

$$\operatorname{tgh} \Psi = \frac{Z}{Z'} \operatorname{tgh} \sigma' l',$$

$\frac{Z}{Z'}$ est connu également, d'où tgh $\sigma' l'$ et $\sigma' l'$.

Enfin il est intéressant de voir dans quelle mesure les résultats sur une ligne uniforme sont faussés quand l'isolement au point de rupture n'est pas parfait. Dans ce cas, les équations de la propagation montrent que l'impédance mesurée à l'origine Z_d n'est plus égale à $\frac{Z}{\operatorname{tgh} \sigma l}$. On a

$$Z_d = \frac{Z}{\operatorname{tgh} (\sigma l + \Psi)}, \tag{6}$$

Avec tgh $\Psi = \frac{Z}{R}$, R étant la résistance d'isolement du défaut. Si l'on pose $\Psi = \Psi_1 + j\,\Psi_2$ et qu'on se contente d'examiner la partie réelle de Z_d, le lieu trouvé pour le défaut est donc déplacé d'une longueur d telle que $\alpha d = \Psi_1$, le déplacement pour un défaut de résistance donnée est indépendant de sa distance à l'origine.

Supposons qu'il s'agisse d'une ligne en fil de 1 mm sous papier mesurée sous un courant de pulsation 5000 radians par seconde et que la résistance R soit égale à 20000 ohms.

$$\frac{Z}{R} = \frac{460 \angle 42°}{20\,000} = 0{,}023 \angle 42°.$$

La tangente hyperbolique peut alors être confondue avec l'arc et on voit que $\alpha d = 0{,}023 \cos 42° = 0{,}0168$; d'où, comme $\alpha = 0{,}065$, $d = 250$ m environ.

Pour un ligne aérienne en fil de 2.5 mm et la même valeur de R, Z est purement ohmique

$$\Psi_2 = 0, \quad \Psi = \Psi_1, \quad \frac{Z}{R} = \frac{700}{20\,000} = 0{,}035;$$

d'où $\alpha d = 0{,}035$ et $d = 6{,}300$ km.

Mais nous avons supposé une perte déjà très forte. On peut d'ailleurs en tenir compte dans une certaine mesure ; car, pour ces défauts dus à l'humidité, l'écart entre la perte sous courant alternatif et celle sous courant continu devient, croyons-

Digitized by Google

nous, très faible. Une mesure de la perte en courant continu donnera donc une indication du maximum de l'erreur.

Notons, enfin, que cette erreur est toujours par excès, car la partie réelle de $\frac{Z}{R}$ est toujours positive et nous nous limitons au cas où $\frac{Z}{R}$ est petit.

Lorsqu'il s'agit de câbles sous papier de calibre moyen, l'erreur de distance est sensiblement la même pour une valeur donnée de la perte, quel que soit le diamètre du fil. En effet, soit r la résistance kilométrique du fil; on a sensiblement dans ce cas

$$|\text{ partie réelle de } Z| = \sqrt{\frac{r}{2\omega c}},$$

$$\alpha = \sqrt{\frac{\omega c r}{2}} \quad (c, \text{ capacité kilométrique}),$$

d'où

$$\frac{|\text{ partie réelle } Z|}{R\alpha} = \frac{\Phi_1}{\alpha} = \frac{1}{\omega c R} = d,$$

et l'erreur sur d est d'autant plus faible que l'on fait la mesure à une fréquence plus élevée.

Pour les lignes aériennes, au contraire, Z varie peu avec le calibre; α est sensiblement proportionnel à la résistance du fil et, par suite, $\frac{|\text{partie réelle de } Z|}{R\alpha}$ et d sont sensiblement proportionnels à $\frac{1}{r}$.

Ces mesures en courant alternatif peuvent paraître compliquées; elles doivent évidemment être faites par un ingénieur; elles nécessitent des appareils coûteux et devant être très bien étudiés; mais ceci étant acquis, les mesures sont rapides, assez précises (le centième est la règle); elles n'exigent ni mise en place ni réglage d'appareils galvanométriques, sont peu exposées aux accidents... Nous croyons que, dans de grandes stations centrales téléphoniques, ces mesures peuvent rendre de réels services.

II. **Application de l'abaque des cosinus hyperboliques.** — Dans son premier type d'abaque, que M. Blondel a conservé sur ce point, M. Brown, au dos de l'abaque des tangentes, en a tracé un autre donnant le module des cosinus hyperboliques. M. Brown a renoncé depuis lors à cette complication et, dans son récent article, il montre que l'on peut assez facilement traiter ces problèmes tels que : propagation sur un ensemble complexe de lignes et d'impédances, à l'aide du seul abaque des tangentes.

Tout en reconnaissant l'intérêt de cette méthode, nous voulons indiquer combien un abaque des cosinus peut donner de facilités à la solution de certains problèmes.

Les équations de la propagation

$$(7) \qquad \begin{cases} E_0 = E\cosh\sigma l + ZI\sinh\sigma l, \\ I_0 = I\cosh\sigma l + \frac{E}{Z}\sinh\sigma l, \end{cases}$$

peuvent s'écrire d'une façon générale

$$(8) \qquad E_0 = E\frac{\cosh(\sigma l + \Psi_r)}{\cosh\Psi_r},$$

avec

$$\operatorname{tgh}\Psi_r = \frac{Z}{Z_r},$$

Z_r étant l'impédance placée au bout de la ligne (1).

$$(8') \qquad I_0 = I\frac{\sinh(\sigma l + \Psi_r)}{\sinh\Psi_r}.$$

Des équations de même forme se retrouvent dans le cas où des impédances sont intercalées sur une ligne.

Dans le cas où un ensemble d'impédances, représenté en figure 1, est inséré au milieu d'une ligne définie par

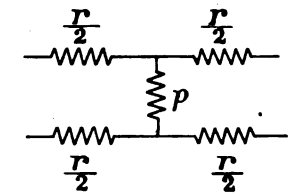


Fig. 1.

Z, σl, le coefficient d'affaiblissement S de l'ensemble est donné par l'équation

$$(9) \quad \cosh S = \cosh\sigma l\left(1+\frac{r}{p}\right) + \left(\frac{Z}{p} + \frac{r^2}{Zp} + \frac{2r}{Z}\right)\sinh\sigma l$$

$$= \left(1+\frac{r}{p}\right)\left[\cosh\sigma l + \left[\frac{\frac{r}{Z}+\frac{Z}{p}}{1+\frac{r}{p}} + \frac{r}{Z}\right]\sinh\sigma l\right].$$

$$\frac{\frac{r}{Z}+\frac{Z}{p}}{1+\frac{r}{p}} = \operatorname{tgh}(\varphi+\Psi), \quad \text{en posant} \begin{cases} \operatorname{tgh}\varphi = \frac{r}{Z} \\ \operatorname{tg}\Psi = \frac{Z}{p}. \end{cases}$$

L'équation devient

$$\cosh S = \left(1+\frac{r}{p}\right)[\cosh\sigma l + (\operatorname{tgh}(\varphi+\Psi) + \operatorname{tgh}\varphi)\sinh\sigma l].$$

De la connaissance de $\frac{r}{Z}$ et $\frac{Z}{p}$, on déduit par l'abaque

(1) Brown, article précité.

Digitized by Google

celle de φ, Ψ, $\varphi + \Psi$, tgh $(\varphi + \Psi)$; $\frac{r}{p}$ est le produit de $\frac{r}{Z}$ par $\frac{Z}{p}$. Si on pose alors

$$\text{tgh}\,(\varphi + \Psi) + \text{tgh}\,\varphi = \text{tgh}\,\delta,$$

on a finalement

$$\text{(10)} \qquad \cosh S = \left(1 + \frac{r}{p}\right) \frac{\cosh\,(\sigma l + \delta)}{\cosh\,\delta}.$$

S'il s'agit d'une impédance soit en série soit en dérivation (p infini ou r nul), l'expression se simplifie et devient

$$\text{(10')} \qquad \cosh S = \frac{\cosh\,(\sigma l + \delta)}{\cosh\,\delta}$$

avec $\qquad \text{tgh}\,\delta = \frac{2r}{Z}$ pour p infini

ou $\qquad \text{tgh}\,\delta = \frac{Z}{p}$ pour r nul.

La formule suppose la connaissance des cosinus hyperboliques en module et en argument (1). L'abaque de Brown ne donne que leur module, mais l'argument est facile à trouver. En effet

$$\cosh \sigma l = \cosh\,(\alpha + j\beta)\, l$$
$$= \cosh \alpha l \cos \beta l + j \sinh \alpha l \sin \beta l,$$

d'où

$$\text{tg argument cosh}\,\sigma l = \text{tgh}\,\alpha l \,\text{tg}\,\beta l.$$

Or si on se reporte à l'abaque des tangentes, la valeur de tgh αl est celle qui est inscrite sur la courbe des tangentes hyperboliques coupant l'axe des x au point d'abscisse αl, c'est-à-dire à l'abscisse, du point figuratif de tgh σl; de même, tg βl est la tangente de l'angle coupant l'axe des y au point d'ordonnée βl, c'est-à-dire à l'ordonnée du point figuratif de tgh σl.

Il est donc facile de trouver cosh S en module et en argument; mais il l'est moins de trouver ensuite S. Pour cela, un abaque complet des cosinus hyperboliques serait utile. Rappelons que, dans la « Lumière électrique » du 5 mai 1915, M. Puget a donné un moyen de construire un tel abaque.

L. Cahen,
Ingénieur en chef des Télégraphes.

Revues, analyses et informations

La capacité effective des bobines à plusieurs couches à section carrée et circulaire (1).

I. Principe de la méthode. — Dans un travail antérieur (2), l'auteur avait établi que la capacité effective d'une bobine était calculable par la formule

$$C_0 = \int_{x_1}^{x_2} \frac{M(x)}{L} \left[\int_{x_1}^{x} \frac{\alpha(x)}{L}\, dx\right] dx, \qquad (1)$$

dans laquelle x est un paramètre pris le long du fil; L, l'inductance de la bobine; $M(x)\,dx$ l'inductance mutuelle des spires comprises entre x et $x + dx$ par rapport au restant de la bobine, et la charge due à un courant i étant, pour l'élément dx posée, égale à

$$\alpha(x) \frac{di}{dt}\, dx.$$

Cette formule s'appliquait à un solénoïde à une seule couche. La note actuelle a pour but d'étendre le calcul à une bobine en forme générale d'anneau, à section carrée ou circulaire, à plusieurs couches. La figure 1 reproduit une coupe d'une telle bobine par son axe AB.

On fera les hypothèses simplificatrices suivantes :

1° La distance des axes des fils, dans chaque couche, est constante et égale à h_1;

2° La distance des axes des fils dans deux couches consécutives est constante et égale à h_2;

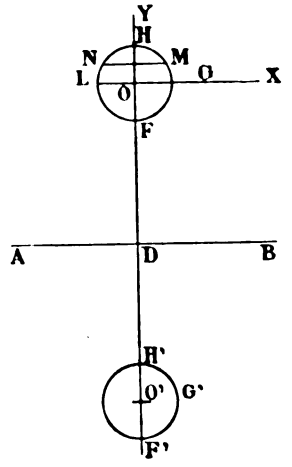


Fig. 1. — Coupe d'un tore par un plan passant par son axe AB.

3° Le nombre des spires de chaque couche et le nombre de couches sont grands;

(1) Gregory Breit. *Phil. Mag.*, mai 1922, t. xliii, p. 963-992, 9000 mots, 11 fig.

(2) *Phys. Rev.*, 1921, t. xvii, p. 649-677. *R. G. E.*, 21 janvier 1922, t. xi, p. 19 D.

(1) La formule n'est valable que pour une cellule de ligne chargée. S'il s'agit d'une ligne chargée régulièrement et contenant n cellules, le coefficient de propagation S_n de l'ensemble sera $S_n = n$ arc cosh $\frac{\cosh\,(\sigma l + \delta)}{\cosh\,\delta}$.

Digitized by Google

4° Le diamètre de chaque spire sont petites vis-à-vis de la longueur de l'anneau, de sorte que la force électromotrice induite dans chaque spire est la même.

Il s'agit de trouver une solution de l'équation de Laplace, nulle à l'infini et égale au potentiel de la bobine sur la bobine. Le calcul rigoureux paraît presque impossible, mais on peut du moins définir pour une région de la bobine un potentiel moyen V.

Soit ABCD le tracé sur la figure de la région en question (fig. 2) : les couches de la bobine sont parallèles à AB. Par

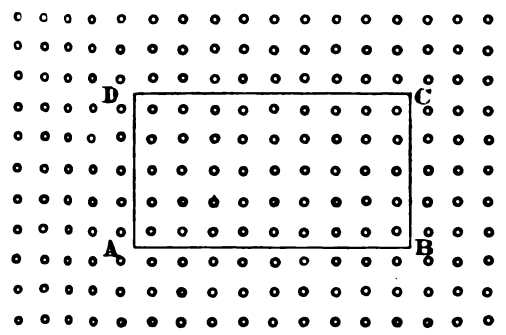


Fig. 2. — Constitution interne d'une bobine à plusieurs couches de fils.

symétrie, il n'y a aucun flux de force électrique à travers AD et BC, ni à travers ABCD. Le seul flux existant traverse les faces AB et CD et la valeur du déplacement électrique le long de AB est

$$-\frac{K_e}{4\pi\,10^{11}\times 8{,}989}\frac{dV}{dy}\cdot\overline{AB};$$

le facteur 8,989 est le carré de 2,9982, chiffres significatifs de la vitesse de la lumière ; K_e est la « constante diélectrique apparente » du milieu complexe formé par les fils et le milieu entre fils. On posera dans ce qui suivra

$$K_e = 8{,}989\times 10^{11}\,k_e.$$

On vérifie aisément que le flux à travers la surface totale du prisme ABCD est

$$\vdash\frac{k_e}{4\pi}\frac{d^2V}{dy^2}\times d\tau,$$

τ étant le volume du prisme. Donc, la charge est distribuée avec une densité

$$\rho = -\frac{k_e}{4\pi}\times\frac{d^2V}{dy^2}. \qquad (2)$$

Des considérations analogues établissent que, à la surface de la bobine, existe une « densité électrique moyenne » égale à

$$\sigma = -\frac{k_0}{4\pi}\frac{\partial V_0}{\partial n}+\frac{k_e}{4\pi}\frac{\partial V}{\partial n}, \qquad (3)$$

V_0 et k_0 étant relatifs au milieu extérieur, V et k_e étant relatifs à l'intérieur de la bobine et $\frac{\partial}{\partial n}$ indiquant une dérivation faite le long de la normale extérieure.

II. Bobine a section circulaire de diamètre $2a$. — Soit une section de la bobine par un plan diamétral contenant deux spires.

Menons par O deux axes : OX parallèle aux couches, OY perpendiculaire aux couches. Des quatre hypothèses simplificatrices, on déduit aisément que le potentiel en un point P de la section est supérieur au potentiel au point O d'une quantité proportionnelle à l'aire LGMN (fig. 1), soit à

$$a^2\left[\arcsin\frac{y}{a}+\frac{y}{a}\sqrt{1-\frac{y^2}{a^2}}\right].$$

Comme l'aire de la section entière est πa^2 et que la tension entre les deux extrémités est $-L\frac{di}{dt}$, on voit que le potentiel en P dépasse celui en O de

$$V = -L\frac{di}{dt}\frac{\arcsin\frac{y}{a}+\frac{y}{a}\sqrt{1-\frac{y^2}{a^2}}}{\pi}. \qquad (4)$$

Des expressions (2) et (4), on déduit aisément ρ. Reste à trouver V_0.

Prenant des coordonnées polaires $[r, \theta]$ avec OX comme axe polaire, on trouve que, si $r = a$, on a

$$\left.\begin{aligned} V_0 = V &= -\frac{L}{\pi}[\theta+\sin\theta\cos\theta]\frac{di}{dt} \quad \text{si} \quad -\frac{\pi}{2}<\theta<\frac{\pi}{2}\\ \text{et}\\ V_0 = V &= -\frac{L}{\pi}[\pi-\theta-\sin\theta\cos\theta]\frac{di}{dt} \quad \text{si} \quad \frac{\pi}{2}<\theta<\frac{3\pi}{2}\end{aligned}\right\} \qquad (5)$$

Enfin, si $r = \infty$, on doit avoir

$$V = 0. \qquad (6)$$

Cherchons un développement en série de Fourier satisfaisant aux conditions (5) et (6) et de la forme

$$V = \frac{b_0}{2}+\Sigma\left[b_m\frac{a^m}{r^m}\cos m\theta + C_m\frac{a^m}{r^m}\sin m\theta\right]. \qquad (7)$$

qui, visiblement, satisfait à l'équation de Laplace et, par un choix convenable de b et c, à (5) et (6).

On vérifiera aisément que le développement suivant convient

$$\left.\begin{aligned} V_0 = \frac{b_0}{2}+\frac{4}{\pi}\sum_{n=0}^{\infty}\Bigg\{\Bigg[&\frac{(-1)^n\sin(2n+1)\theta}{(2n+1)^2}\\ &+(-1)^{n-1}\frac{\sin(2n+1)\theta}{(2n+1)^2-4}\Bigg]\frac{a^{2n+1}}{r^{2n+1}}\Bigg\}.\end{aligned}\right\} \qquad (8)$$

Donc, enfin,

$$V = -\frac{16L}{\pi^3}\frac{di}{dt}\sum_{n=0}^{\infty}(-1)^{n-1}\left(\frac{a}{r}\right)^{2n+1}\frac{\sin(2n+1)\theta}{(2n+1)^2(2n+3)(2n-1)}. \qquad (9)$$

$$\sigma = -\frac{4k_0L}{\pi^3 a}\frac{di}{dt}\sum_{n=0}^{\infty}(-1)^{n+1}\frac{\sin(2n+1)\theta}{(2n-1)(2n+1)(2n+3)} - \frac{k_eL}{4\pi^2 a}\frac{di}{dt}\sin 2\theta. \qquad (10)$$

Des expressions de ρ et σ, on déduit pour la charge entre θ et $\theta+d\theta$

$$-\frac{k_e}{\pi^2}\sin 2\theta+\frac{8k_0}{\pi^3}\sum_{n=0}^{\infty}(-1)^{n-1}\frac{\sin(2n+1)\theta}{(2n+1)(2n+3)(2n-1)}Ll\frac{di}{dt}d\theta,$$

Digitized by Google

en appelant l la longueur d'une circonférence passant par les centres des sections des bobines (soit pour la figure 2, $\pi \times OO'$).

Cette charge étant posée égale à $\alpha(\theta)\frac{dt}{dl}d\theta$, on en déduit la valeur de $\frac{\alpha}{L}$ à porter dans l'égalité (1).

Comme, d'autre part, en raison de la proportionnalité des inductances aux aires, on a

$$\frac{M(\theta)}{L} = \frac{M(y)}{L} \times \frac{dy}{d\theta} = \frac{2\cos^2\theta}{\pi}$$

il vient finalement, après une série de transformations longues, mais faciles

$$C_0 = \frac{l}{\pi}\left[\frac{3k_e}{4\pi} + \frac{64k_0}{\pi^3}\sum_{n=0}^{\infty}\frac{1}{(2n+1)^3(2n+3)^2(2n-1)^2}\right] \text{ farads,}$$

$$= 0{,}075999\ k_e l + 0{,}07398\ k_0 l \text{ farads,}$$

$$= 10^{-2}\,[0{,}08453\ K_e + 0{,}08230\ K_0]\ l \text{ farads,} \qquad (11)$$

K_0 étant la constante diélectrique du milieu extérieur.

III. Bobine a section carrée. — Le calcul de V à l'intérieur de la bobine n'offre pas de difficulté; le calcul de V_0 à l'extérieur d'un carré exige une transformation conforme; remplaçons le carré par un cercle suivant la formule

$$z = x + jy, \quad j = \sqrt{-1},$$

$$\frac{dz}{d\tau} = A e^{j\frac{\pi}{4}}[1 - \tau^{-4}]^{\frac{1}{2}}.$$

Le calcul assez long donne finalement

$$C_0 = [0{,}0886\ K_e l + 0{,}1050\ K_0 l]\ 10^{-12} \text{ farads.} \qquad (12)$$

On se reportera au mémoire pour les développements.

IV. Remarques. — 1° Les formules (11) et (12) supposent que K_e est une constante; de sa définition résulte qu'un calcul théorique est généralement impossible. On peut toutefois obtenir sa valeur expérimentalement en introduisant une plaque du milieu complexe dans un condensateur et en mesurant l'augmentation de capacité.

2° La signification de la quantité l des formules (11) et (12) suppose essentiellement que l'on peut partager l'anneau en parties d'égal périmètre. Si cela est impossible, l n'est pas déterminé. Si toutefois la section a un axe de symétrie parallèle à l'axe de l'anneau, on peut admettre que la longueur l est la moyenne des périmètres de deux parties passant par des points symétriquement situés par rapport au premier axe.

A. F.

Sur le rayonnement des antennes circulaires et semi-circulaires (1).

Il existe actuellement peu d'études complètes sur la distribution de l'énergie rayonnée par des antennes fermées. F. Seidel a poussé le calcul à bout pour les différents cas: 1° d'une antenne circulaire interrompue par une coupure ou un condensateur; 2° d'une antenne circulaire fermée, sans interruption; 3° d'une antenne en demi-cercle. Il suppose ces antennes placées dans un espace libre et formées d'un fil dont le diamètre est petit par rappport à celui de l'antenne. Il suppose aussi que le courant dans l'antenne est sinusoïdal et non amorti. Ces hypothèses se trouvent confirmées par l'accord entre les résultats du calcul et les expériences de contrôle.

Théorie. — Soient: r le rayon de l'antenne; λ_0, la longueur d'onde fondamentale; c, la vitesse de la lumière; $\mathcal{E}$, le champ électrique; $\mathcal{H}$, le champ magnétique et S, le vecteur de Poynting. Proposons-nous de trouver l'intensité du rayonnement en un point éloigné P dont la direction sera définie en coordonnées bipolaires par les angles α (dans le plan de l'antenne) et β (dans le plan perpendiculaire).

L'élément de longueur $rd\gamma$ de l'antenne, éloigné du plan ZOP de l'angle γ, se décompose en deux composantes paral-

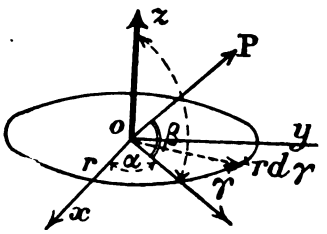


Fig. 1.

lèle et perpendiculaire à ce plan (fig. 1). Ces composantes produisent des champs qui sont respectivement

$$d\mathcal{H}_1 = \mathcal{R}\left[\frac{r}{c}\,i_{0(\alpha\gamma)}\ j\omega e^{j(\omega t+\psi)}\cos\gamma\, d\gamma\right],$$

et

$$d\mathcal{H}_2 = \mathcal{R}\left[\frac{r}{c}\,i_{0(\alpha\gamma)}\ j\omega e^{j(\omega t+\psi)}\sin\gamma\sin\beta\, d\gamma\right], \qquad (1)$$

en posant

$$j = \sqrt{-1}, \quad i_{\alpha\gamma} = \mathcal{R}\,[i_{0(\alpha\gamma)}\, e^{j\omega t}],$$

et ψ pour la différence de phase entre l'élément $\gamma d\gamma$ et les éléments correspondant à $\alpha = \frac{\pi}{2}$.

Le champ total sera

$$\mathcal{H}^2{}_{\alpha\beta} = \left(\int_s d\mathcal{H}_1\right)^2 + \left(\int_s d\mathcal{H}_2\right)^2,$$

les intégrales étant étendues à toute l'antenne et l'on aura

$$S_{\alpha\beta} = \frac{c}{4r}\,(\mathcal{H}_1{}^2{}_{(\alpha\beta)} + \mathcal{H}_2{}^2{}_{(\alpha\beta)}).$$

La valeur moyenne $S_{\alpha\beta}$ (dans le temps) de $S_{\alpha\beta}$ définit la densité du rayonnement dans la direction $\alpha\beta$; et si H_1 et H_2 sont les amplitudes de $\mathcal{H}_1$ et $\mathcal{H}_2$

$$S_{\alpha\beta} = \frac{c}{8\pi}\,(H_1{}^2{}_{\alpha\beta} + H_2{}^2{}_{\alpha\beta}).$$

Enfin, le courant dans l'antenne au point $(\alpha + \gamma)$ sera, pour la vibration fondamentale

$$i_{0(\gamma+\alpha)} = i_0 \cos a\,(\gamma + \alpha),$$

(1) F. Seidel. *Jahrb. Phil. Fak. Göttingen*, 1920, p. 65-86, 6 000 mots, 13 fig., 3 tab.

Digitized by Google

et la phase ψ sera

$$\psi = \frac{2r}{\lambda} r \cos\beta \cos\gamma;$$

avec

$$a = \frac{2r_2}{r_0}.$$

Il reste à porter ces valeurs dans les équations (2) et à intégrer le long de l'antenne.

1. Antenne circulaire interrompue. — Le calcul donne

$$S_{\alpha\beta} = \frac{i_0^2 c a^2 \sin^2 a\pi}{2\pi(1-a^2)^2\left(1-\frac{a^2}{4}\right)^2\left(1-\frac{a^2}{9}\right)\left(1-\frac{a^2}{16}\right)}\left[\left(a^2-\frac{97}{144}a^4+\frac{5}{32}a^6\right)+\left(\frac{1}{4}-\frac{889}{376}a^2+\frac{455}{576}a^4-\frac{a^6}{32}\right)\cos^2\beta-\left(\frac{a^2}{16}-\frac{57}{144}a^4+\frac{a^6}{8}\right)\cos^4\beta+\left(\frac{3}{4}a^2-\frac{359}{576}a^4+\frac{41}{288}a^6\right)\cos^2\beta\cos^2\alpha-\left(\frac{a^4}{9}+\frac{7}{144}a^6\right)\cos^4\beta\cos^2\alpha-\left(\frac{7}{144}a^4-\frac{a^6}{24}\cos^4\beta\cos^4\alpha\right)\right]$$

et pour l'intensité totale émise, étendue à toute la surface d'une sphère

$$S = \frac{i_0^2 c a^2 \sin^2\alpha\tau}{2(1-a^2)^2\left(1-\frac{a^2}{4}\right)^2\left(1-\frac{a^2}{9}\right)\left(1-\frac{a^2}{16}\right)}\left(\frac{2}{3}+0{,}76\,a^2-0{,}83\,a^4+0{,}7\,a^6\right).$$

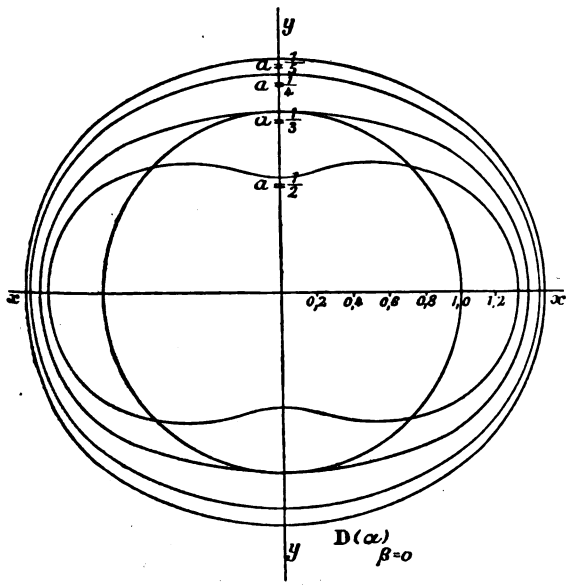


Fig. 2.

Si on appelle R_0 la résistance qui, placée dans le ventre de vibration de l'antenne, absorberait une énergie égale à celle qui est rayonnée, l'on trouve

$$R_0 = 20\,a^4\pi^2\,(1+0{,}52\,a^2-1{,}75\,a^4+1{,}9\,a^6)\text{ ohms.}$$

Si a devient petit, cela donne simplement

$$R_0 = 20\,a^4\pi^2\text{ ohms.}$$

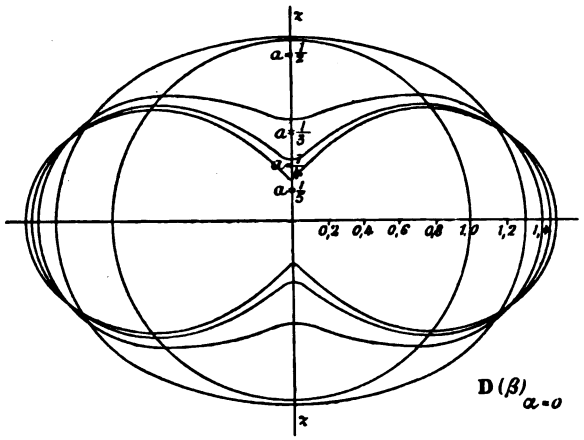


Fig. 3.

On peut calculer les valeurs de $\frac{S_{\alpha\beta}}{S}$ dans les plans xy, yz et zx ; l'on obtient alors les *caractéristiques* reproduites dans les figures 2 à 4 pour diverses valeurs de a.

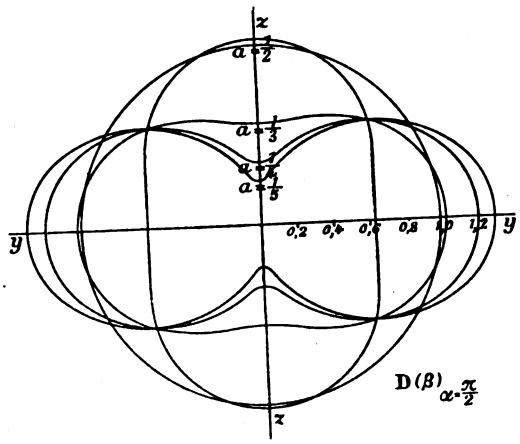


Fig 4.

2. Antenne circulaire fermée, avec $a = 1$. — On trouve

$$S_{\alpha\beta} = \frac{ci_0^2\pi}{8}\left[\left(1-\frac{3}{4}\cos^2\beta+\frac{37}{192}\cos^4\beta-\frac{35}{2\,304}\cos^6\beta\right)\cos^6\alpha+\left(1-\frac{5}{8}\cos^2\beta+\frac{53}{192}\cos^4\beta-\frac{77}{2\,304}\cos^6\beta\right)\sin^2\alpha\right],$$

$$S = \frac{1{,}788\,c\pi^2 i_0^2}{8}$$

et

$$R_0 + \frac{1{,}788\,r^2 c}{4} = 132{,}3\text{ ohms.}$$

Les caractéristiques sont données dans les figures 5 à 7.

Digitized by Google

3. Antenne semi-circulaire, $a = 1$. — Le demi-cercle

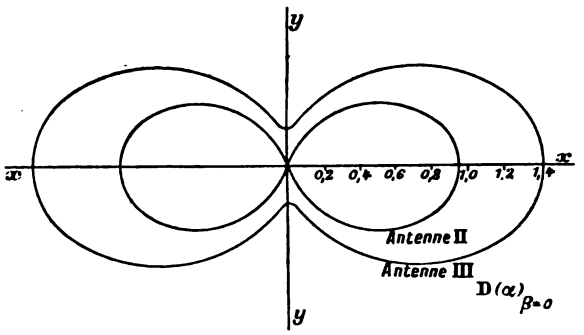


Fig. 5.

étant supposé symétriquement placé par rapport à l'axe des x, avec le neutre en $\alpha = 0$, on trouve

$$S_{\alpha\beta} = \frac{ci_0^2}{8\pi}\left[\frac{\pi^2}{4}\left(1 - \frac{3}{4}\cos^2\beta + \frac{137}{192}\cos^4\beta - \frac{97}{4\,608}\cos^6\beta\right)\cos^2\alpha\right.$$
$$+ \frac{\pi^2}{4}\left(1 - \frac{5}{4}\cos^2\beta + \frac{53}{192}\cos^4\beta - \frac{127}{4\,608}\cos^6\beta\right)\sin^2\alpha$$
$$+ \frac{10}{9}\cos^2\beta - \frac{1}{3}\cos^4\beta + \frac{19}{648}\cos^6\beta + \left(\frac{2}{3}\cos^2\beta - \frac{26}{135}\cos^4\beta\right.$$
$$\left.\left. + \frac{31}{1\,440}\cos^6\beta\right)\cos 2\alpha + \left(\frac{7}{135}\cos^4\beta - \frac{7}{810}\cos^6\beta\right)\cos 4\alpha\right.$$
$$\left. + \frac{1}{1\,440}\cos^6\beta\cos 6\alpha\right].$$

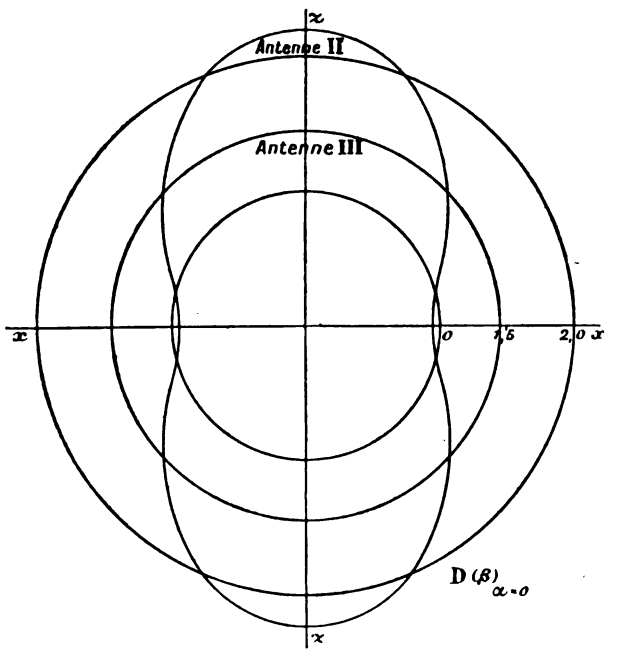


Fig. 6.

et

$$S = \frac{ci_0^2}{8} \times 6{,}70.$$

Enfin

$$R_0 = \frac{30}{4} \times 6{,}70 = 50{,}3 \text{ ohms}.$$

Les caractéristiques sont également reproduites dans les figures 5 à 7.

Vérifications expérimentales. — La théorie précédente a été vérifiée par la mesure directe de R_0, et des différences de phases entre les rayonnements dans des directions diverses, ainsi que par le relevé des caractéristiques.

Pour réaliser ces expériences de contrôle, l'auteur s'est servi de l'antenne comme d'un résonateur, en le plaçant

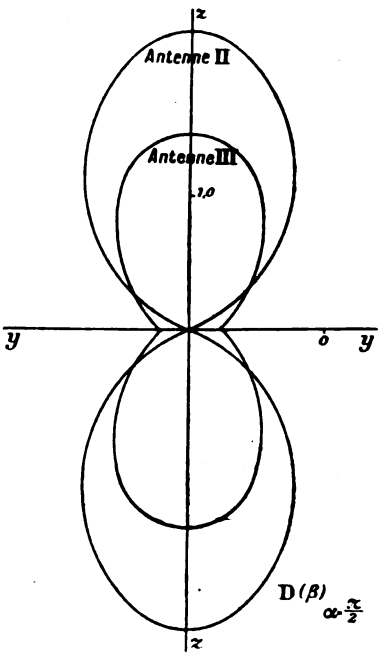


Fig. 7.

dans le champ d'un émetteur d'ondes entretenues (4 m de longueur d'onde) ; on évite ainsi bien des causes d'erreur, et la mesure des phases devient facile par comparaison avec le champ excitateur. Pour trouver les caractéristiques, il est facile de placer un cadre récepteur dans une direction telle que les ondes directes de l'émetteur soient sans action sur lui.

Les résultats de l'expérience se trouvent d'accord avec la théorie, à 3 pour 100 près environ.

F. W.

Digitized by Google

SECTION INDUSTRIELLE

La grande centrale thermoélectrique de Comines (Nord)

La grande centrale thermoélectrique de Comines, dont la description détaillée est donnée ci-après, est remarquable en raison de son aménagement basé sur des conceptions toutes modernes et de sa puissance, qui en fait la seconde usine thermique de France. Les unités, de 25 000 kw chacune, actuellement au nombre de trois, permettent d'obtenir une puissance normale de 50 000 kw, l'un de ces groupes étant réservé comme unité de secours. La possibilité d'extension de l'usine, prévue lors de l'élaboration des plans, permettra d'augmenter ultérieurement cette puissance utile. L'auteur, dans cette étude, insiste plus particulièrement sur la partie du réseau à 45 000 volts placée dans une canalisation souterraine.

Introduction. — La Société l'Energie électrique du Nord de la France distribue l'énergie électrique utilisée pour la force et la lumière à la Société roubaisienne d'Eclairage par le Gaz et l'Electricité, aux villes de Tourcoing et de la Madeleine-Lez-Lille, à la Compagnie des Tramways de Roubaix-Tourcoing, à la Société des Tramways l'Electrique Lille-Roubaix-Tourcoing, à la Compagnie des Chemins de fer du Nord et, enfin, à quelques-unes des firmes les plus importantes de l'industrie textile et mécanique.

Elle dispose actuellement de l'usine centrale génératrice de Wasquehal, mise en service en octobre 1907 et rapidement développée depuis par des extensions successives. Cette usine qui avait été partiellement maintenue en service pendant l'occupation allemande fut entièrement réquisitionnée en mai 1918. Un certain nombre de machines furent enlevées et le reste fut très malmené par suite du manque d'entretien ou du sabotage volontaire effectué le 16 octobre 1918, jour de la délivrance de Lille.

Depuis la libération, grâce à un effort très énergique, l'usine de Wasquehal a été rapidement remise en état, mais la puissance actuelle installée, de 40 000 kw, est insuffisante à satisfaire aux demandes de l'industrie qui en se reconstituant, fait partout appel à l'énergie électrique; aussi quelques mois après l'armistice, la Société l'Energie électrique du Nord de la France a-t-elle décidé la construction d'une centrale à vapeur de grande puissance qui serait aménagée au moyen de trois groupes de 25 000 kw chacun, pour produire en service normal, dans une première étape, 50 000 kw. Cette puissance doit être doublée dans une seconde étape.

Situation de l'usine. — La vue générale (fig. 1) permet de se rendre compte de l'importance de l'usine, située dans les régions dévastées, à Comines (Nord), arrondissement de Lille. Elle est édifiée à 700 m de la gare, en bordure de la Lys, affluent de l'Escaut qui, en cette région, sert de frontière entre la France et la Belgique. Cet emplacement est distant de moins de 15 km des agglomérations de Lille, Roubaix, Tourcoing et de 10 km environ des centres industriels d'Halluin et de Menin.

Grâce à la Lys, la centrale est reliée par voie navigable aux bassins houillers du Nord, du Pas-de-Calais et de la Belgique ainsi qu'aux charbonnages allemands. Elle peut également communiquer avec les ports de Boulogne, Calais, Dunkerque et Anvers où arrivent les charbons anglais. La situation en bordure de la Lys permet, d'autre part, d'emprunter à cette rivière les eaux nécessaires à la condensation qui, dans les usines de grande puissance, nécessite des débits importants. La Lys est en effet, de tous les cours d'eau de la région, celui qui présente le plus fort débit. Son bassin versant à Comines où elle a été grossie de la Deule est de 2 775 km² et, des jaugeages effectués par le service des voies navigables du Nord et du Pas-de-Calais à Merville et à Deulemont, il résulte que son débit d'étiage à Comines ne s'abaisse pas au-dessous de 5,3 m³ : s. La Lys étant canalisée, son niveau normal est à la cote 10,40 m, déterminée par la retenue du barrage de Menin. Le niveau du terre-plein de l'usine est arasé à la cote 14 m, soit environ 1 m au-dessus des plus hautes eaux.

L'usine est construite sur un terrain argileux d'épaisseur et de consistance variable, allant de la terre à briques au sable argileux boulant avec quelques poches de tourbe. D'après les essais de résistance du sol, la charge de sécurité à admettre ne devait pas exercer une pression de plus de 500 g : cm². Dans ces conditions, les parties du bâtiment supportant de fortes charges ont dû toutes être fondées sur pilotis ; 1 552 pieux de 7 à 8 m de longueur ont été battus sous la chaufferie et la salle des machines; 606 parmi ces pieux sont en béton armé formant assise sous les groupes turbo-alternateurs et les longs pans de la salle des machines.

Disposition et aménagement général de l'usine. — Plan général. — L'emplacement de l'usine sur le

Digitized by Google

terrain, (fig. 2), a été déterminé par les considérations suivantes :

L'orientation de l'usine plaçant la salle des machines perpendiculaire à la rivière a paru la plus avantageuse, notamment au point de vue des extensions futures ; elle permet d'exécuter facilement la construction des galeries d'eau de circulation.

La disposition des chaufferies perpendiculairement à la salle des machines a été choisie dans le but de réaliser normalement l'alimentation d'un groupe turbo-alternateur par une rangée de chaudières, ce qui simplifie le réseau de tuyauteries et permet un contrôle plus facile. Cette disposition évite les difficultés de transport du charbon et des cendres qui résulteraient d'une longueur excessive des chaufferies.

La première étape prévue pour une production normale de 50 000 kw est réalisée avec trois groupes turbo-alternateurs Schneider-Thomson d'une puissance de 25 000 kw, dont deux en service et un en réserve. La chaufferie composée de dix chaudières Babcock et Wilcox de 1 000 m² de surface de chauffe est calculée pour alimenter deux groupes en service normal. La circulation de l'eau de condensation est assurée par une station de pompage établie en bordure de la Lys et qui alimente deux conduites forcées en béton armé de 1,80 m de diamètre intérieur, sur lesquelles sont branchées les tubulures d'arrivée d'eau au condenseur.

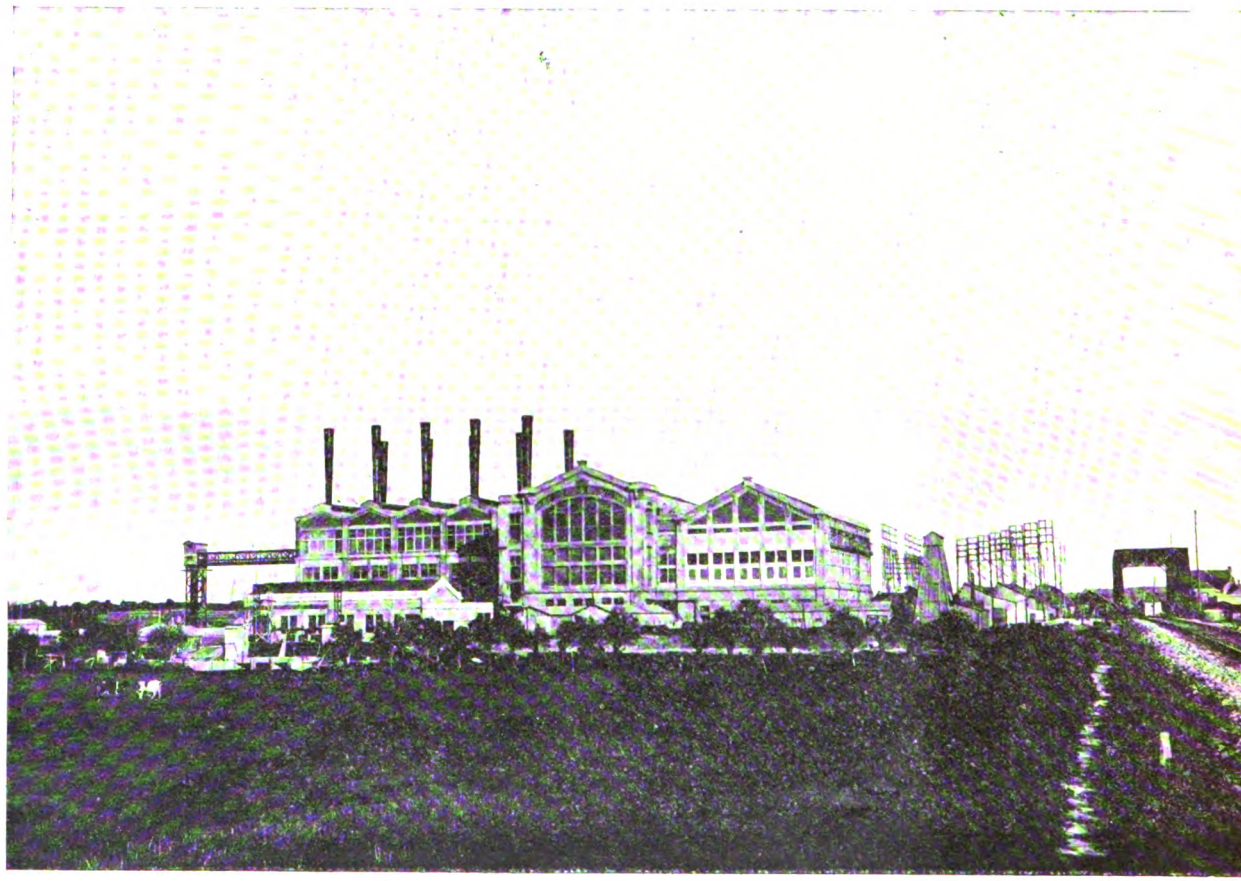


Fig. 1. — Vue générale de l'usine de Comines (Nord).

L'adoption de ce dispositif, réduisant au minimum les fouilles profondes dans l'argile sableuse délayée, a permis de réaliser une grande économie sur le coût des travaux et de gagner beaucoup de temps sur les délais de construction afin d'assurer la réalisation, en deux ans, de la construction des bâtiments et de l'installation de l'usine. Ce dispositif a, en plus, l'avantage de donner plus de souplesse à l'exploitation en rendant les pompes de circulation indépendantes des groupes turbo-alternateurs.

Parc à charbon et appareils de manutention. — Le charbon arrive soit par voie d'eau soit par voie ferrée. Les arrivages par voie d'eau se font dans une gare d'eau creusée à la drague, de 85 m de long sur 22 m de large et de 3,25 m de tirant d'eau, capable de recevoir à la fois trois péniches de 250 t. Le quai côté du parc à charbon est constitué par une rangée de pieux palplanches en béton armé système Ravier, ainsi qu'il est représenté sur la figure 3. Les arrivages par voie ferrée empruntent un raccordement des chemins de fer du

Digitized by Google

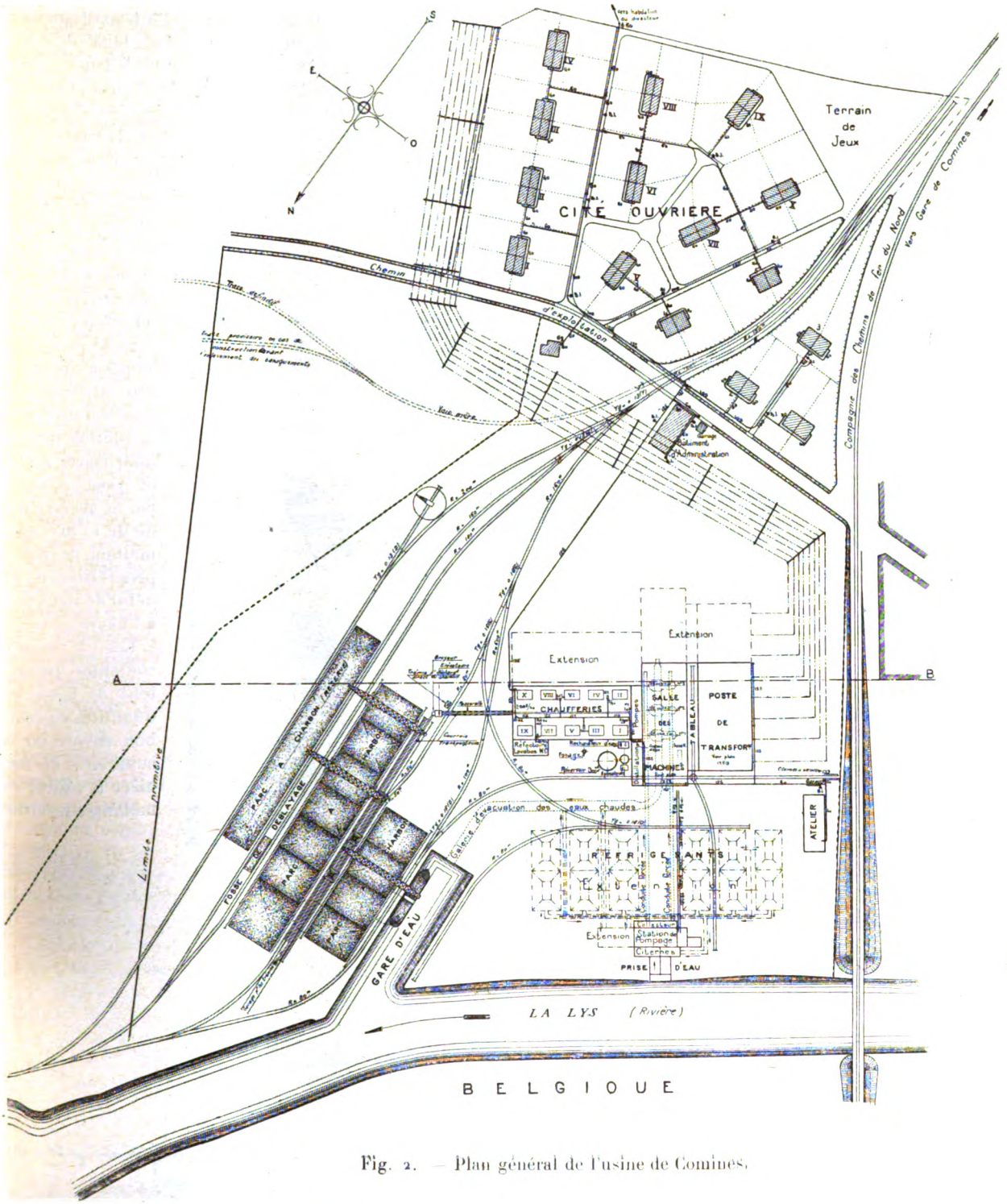


Fig. 2. — Plan général de l'usine de Comines.

Nord construit spécialement pour l'usine et qui dessert un faisceau de voies de déchargement et de voies de garage parallèles.

Portiques. — Le déchargement des bateaux et des wagons est effectué avec des portiques roulants électriques à bennes preneuses de 1 800 litres de capacité (fig. 4). Pour les arrivages par voie ferrée, les bennes preneuses peuvent décharger les wagons de 60 pour 100 environ de leur contenu et le charbon restant est versé dans une fosse par des pelleteurs, d'où il sera ensuite repris à la benne ; on évite ainsi les manœuvres défectueuses

Digitized by Google

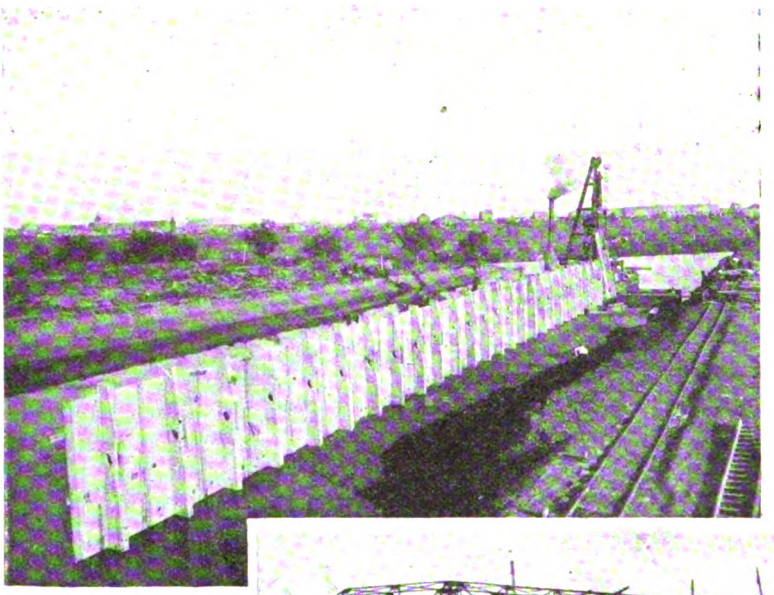


Fig. 3. — Construction de la gare d'eau au moyen de pieux palplanches en béton armé système Ravier.

qu'entraînerait la prise à la benne du charbon restant dans le fond et dans les angles des wagons. Il sera possible de décharger 60 t de charbon à l'heure. Les portiques roulants ont 27,50 m de portée; l'un d'eux circulant en bordure de la gare d'eau dessert le parc à charbon réservé aux arrivages par bateau ; les deux autres portiques sont destinés à la manutention du charbon arrivant par voie de fer.

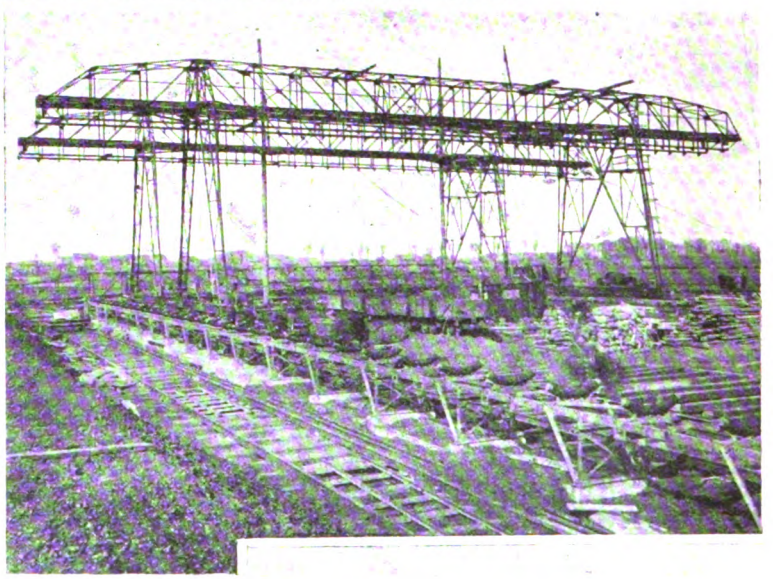


Fig. 4. — Vue d'un portique roulant électrique pour le déchargement des bateaux et des wagons.

Les différents mouvements des portiques sont commandés d'une cabine suspendue au chariot qui se déplace sur le pont avec la benne. Le treuil de levage et de translation est installé à poste fixe. La reprise dans les parcs est effectuée au moyen des mêmes portiques ; le débit prévu est de 80 t à l'heure pour chacun d'eux.

Transporteur a courroie. — Le charbon est acheminé vers la chaufferie par un transporteur à courroie de 155 m de longueur entraîné par l'intermédiaire d'un tambour, par un moteur blindé de 15 ch. La courroie, de 700 mm de large, est animée d'une vitesse de 1,50 m : s et peut assurer un débit horaire de 80 t de charbon. Le brin conducteur est supporté par des jeux de 5 rouleaux en fonte, distants de 1,50 m.

Trémies roulantes. — La courroie est alimentée par 3 trémies roulantes électriques se déplaçant au-dessus du transporteur. Chacune de ces trémies a une capacité de 40 t de charbon ; elle est recouverte d'une forte grille en acier à mailles de 150 mm destinée à arrêter les gros morceaux. Le charbon arrive sur la courroie par un distributeur à va-et-vient actionné par un moteur blindé de 15 ch et permettant de régler progressivement le débit de 20 t à 80 t à l'heure.

Ces 3 trémies roulantes permettent de doser les quantités de charbon envoyé sur la courroie, de manière à réaliser les mélanges des diver-

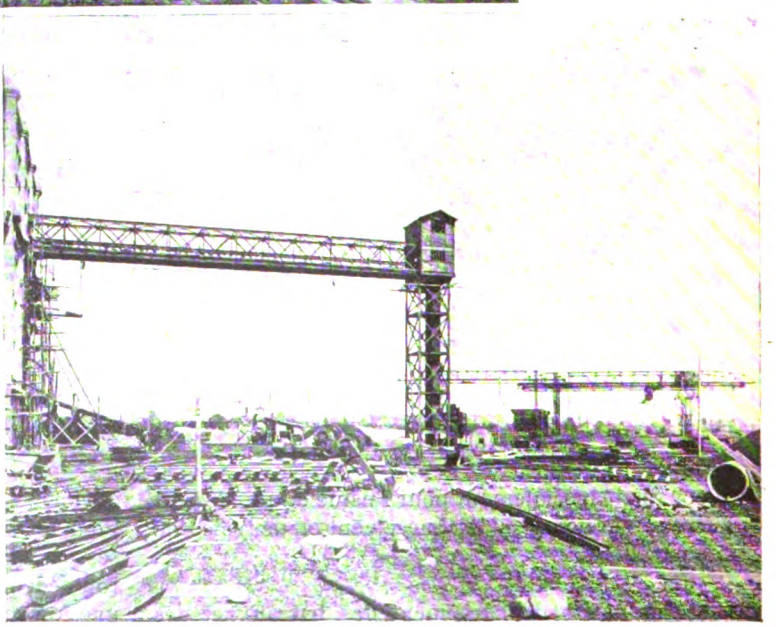


Fig. 5. — Vue d'un élévateur vertical à godet.

Digitized by Google

ses catégories de charbon dont l'emploi est prévu.

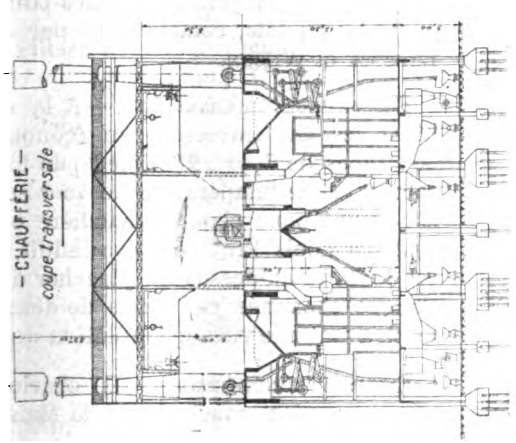
A l'extrémité côté chaufferie de la courroie transporteuse, le charbon est pesé sur un tronçon de courroie au moyen d'une bascule automatique « Herrick » à pesage direct, munie d'un enregistreur intégral qui donne des pesées garanties avec une tolérance de 1 pour 100.

Le charbon arrive ensuite au concasseur actionné par un moteur de 20 ch disposé dans une fosse et capable de concasser le charbon tout venant en morceaux de 30 mm à raison de 80 t à l'heure.

Élévateurs verticaux a godets. — Les élévateurs verticaux à godets ont leur pied dans la même fosse que le concasseur et prennent le charbon à la sortie de cet appareil (fig. 5). Ils sont disposés côte à côte et assurent chacun un débit de 45 t à l'heure. Ils ne sont pas destinés à fonctionner simultanément, l'un d'eux devant servir de secours à l'autre. Les élévateurs sont montés dans une tour métallique à claire-voie ; à la partie supérieure, le charbon est déversé par un couloir dans une trémie, d'où, par l'intermédiaire d'un distributeur à tablier métallique, il arrive dans un transporteur à courroie de 100 m de longueur, entraîné par un moteur de 7 ch et dont le débit normal est de 45 t à l'heure. Le charbon, après avoir franchi une passerelle de 40 m de portée, arrive au-dessus des silos de la chaufferie d'où il s'écoule dans les chaudières en passant par un chariot déverseur. Celui-ci peut, grâce à un dispositif spécial d'embrayage être déplacé à volonté pour pouvoir desservir le silo voulu.

Grue pivotante. — En plus du système de manutention qui vient d'être décrit, la centrale possède, en outre, une grue pivotante électrique sur un truck roulant à voie normale, ayant 8 m de longueur de flèche et capable de porter une charge de 2 500 kg ou une benne preneuse chargée de 1 000 kg de charbon. Le truck est muni de tampons d'attelage ; il possède un mouvement de translation propre à la vitesse de 30 m : mn.

Les appareils de manutention décrits ci-dessus, ont été construits, d'une part, par la Société des Appareils de levage qui a fourni les portiques à bennes preneuses, la grue électrique et le concasseur et, d'autre part, par la Société des Transporteurs mécaniques qui a construit les transporteurs à courroies,



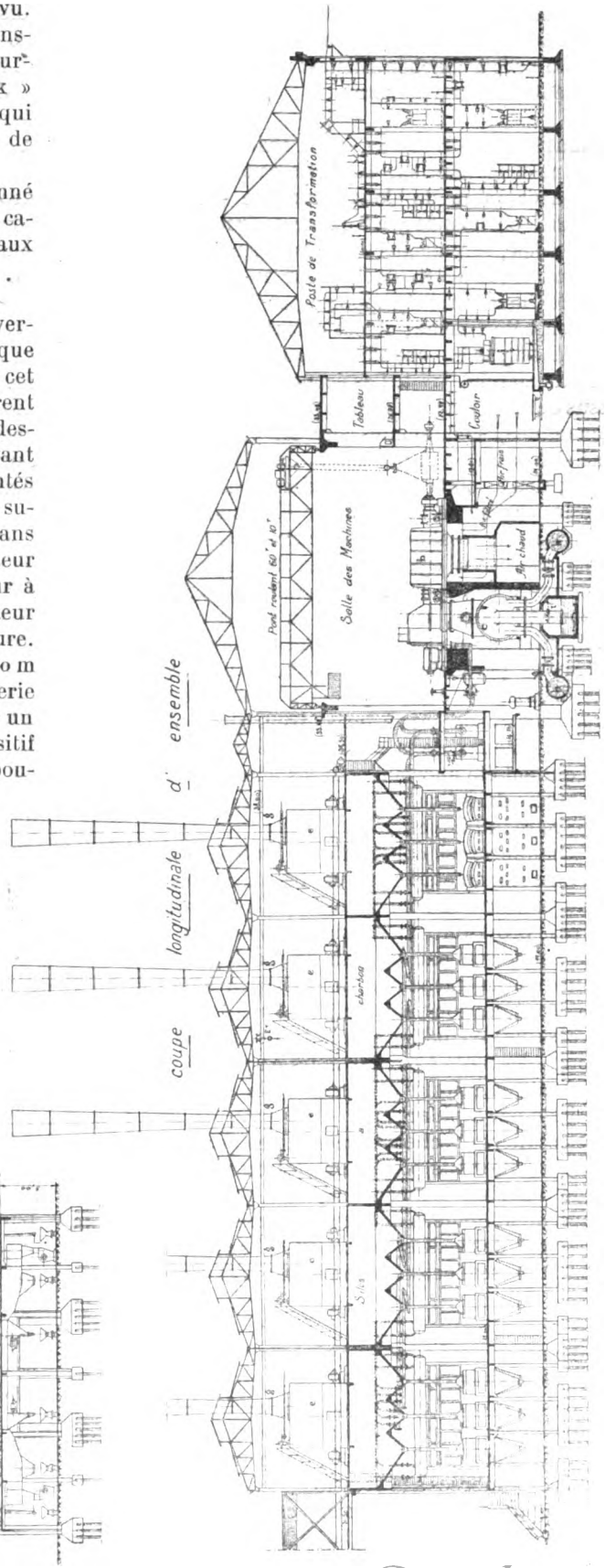


Fig. 6. — Coupe longitudinale de l'usine de Comines.

Digitized by Google

les bennes d'alimentation et les élévateurs. Une locomotive pétroléoélectrique de 120 ch complète l'équipement du parc à charbon. Elle est utilisée pour toutes les manutentions par voie ferrée.

Chaufferie. — Batiment. — La chaufferie représentée en coupe et en plan sur la partie gauche des figures 6 et 7, a 62,50 m de longueur; elle est fondée sur 735 pieux en bois de 7 à 8 m de longueur, battus jusqu'au refus ; le plancher des chaudières est construit en béton armé à 5 m de hauteur au-dessus du terre-plein de l'usine; il est supporté par 134 poteaux également en béton armé; il est calculé pour les charges transmises par les chaudières qui pèsent chacune en ordre de marche 312 t. Les économiseurs, installés au-dessus de chaque chaudière et pesant chacun 244 t avec la cheminée, sont montés sur un plancher en béton armé situé à 12,50 m au-dessus du plancher des chaudières ; deux joints de dilatation sont ménagés sur toute la largeur de ce plancher. Les silos à charbon, d'une capacité totale de 600 t correspondant à un jour de marche, sont également en béton armé et sont placés au-dessus de la rue de chauffe. Le bâtiment, très largement éclairé, est couvert en tuiles avec combles métalliques sur potelets en béton armé constitués par dix travées parallèles de 12,50 m de portée chacune. Cette disposition est adoptée en raison de la grande largeur des chaudières à trois foyers qui a obligé à espacer les poteaux de la chaufferie de 12,50 m, espacement qui eut été anormal pour les fermes. En orientant les combles dans l'autre sens, l'espacement des fermes a pu être réduit à 9 et 10 m.

La chaufferie est construite en vue de son doublement en seconde étape par un bâtiment semblable accolé au premier du côté opposé à la Lys. De ce côté, le long pan provisoire au-dessus du plancher des chaudières est fermé par un pan de fer démontable avec remplissage en parpaing. Le long pan côté Lys et le pignon sont, au contraire, traités d'une façon définitive avec ossature en béton armé. Les sous-sols sont clos sur toutes les faces avec des murs en parpaing sur soubassements en briques afin d'éviter la transmission de l'humidité par capillarité.

Des escaliers et échelles métalliques permettent d'accéder aux différents planchers ; les ouvertures laissées dans le plancher des économiseurs pour permettre le passage de la lumière et la montée de l'air chaud sont fermées par des grilles métalliques barraudées. Sur le pignon, un escalier en béton armé sert d'accès principal.

Chaudières. — La chaufferie comprend dix chaudières multi-tubulaires « Babcock et Wilcox » type marine de 1 000 m² de surface de chauffe, capables de produire chacune, par heure, 30 000 kg de vapeur en marche normale et 40 000 kg en marche forcée. Ces chaudières, timbrées à la pression effective, de 21 kg : cm², sont composées chacune d'un corps cylindrique de 1,219 m de diamètre et 9,50 m de longueur et d'un faisceau tubulaire composé de 52 sections de 11 tubes. Le volume d'eau en ordre de marche est de 29840 litres et le volume de vapeur de 10573 litres.

Ces chaudières sont munies, chacune, d'un surchauffeur de vapeur de 500 m² de surface de chauffe capable d'élever la totalité de la vapeur à 350°-370°C; ce surchauffeur est divisé en deux parties placées l'une à droite, l'autre à gauche de la chaudière, chaque moitié contenant un faisceau de tubes en acier doux étiré sans soudure de 32 mm × 38 mm, de 16,50 m de longueur moyenne, mandrinés à chaque extrémité dans des boîtes en acier forgé de 150 mm de diamètre et de 19 mm d'épaisseur. Les chaudières sont munies d'indicateurs de niveau, d'appareils sonores avertisseurs, de manomètres à cadran lumineux, de régulateur d'alimentation et autres appareils indicateurs... Sur le surchauffeur sont placées deux éprouvettes en acier dont l'une pour le contrôle et l'autre pour la prise de la température de la vapeur avec pyromètre à cadran.

Grilles mécaniques. — Huit chaudières sont munies chacune de trois grilles mécaniques Babcock et Wilcox ayant ensemble 31,35 m² de surface utile. Ces grilles sont constituées d'une série de maillons à recouvrement formant chaîne sans fin avec barreaux démontables. La puissance nécessaire pour actionner la grille d'une chaudière est d'environ 7,5 ch. Ces grilles sont munies de décrasseur mécanique type Besmer. L'air de la combustion est soufflé sous chacune de ces grilles par des caissons avec registre de réglage au moyen de deux ventilateurs centrifuges soufflant à deux ouïes et pouvant débiter chacun 45000 m³ d'air à l'heure sous une pression, à la buse, correspondant à 90 mm d'eau et actionnés chacun par un moteur de 21 ch, 720 t : mn, courant triphasé, 220 v.

Les deux autres chaudières sont chauffées au charbon pulvérisé au moyen de trois aéro-pulvériseurs pour chaque chaudière, construits par la « Combustion rationnelle », et ayant chacun un débit horaire de 2000 kg de charbon. La chambre de combustion, largement dimensionnée, de 113 m³ de capacité, est établie de manière à obtenir une combustion complète avant l'arrivée des gaz sur les tubes.

Le charbon descend des silos sur les trémies d'alimentation des foyers et des aéro-pulvériseurs par des goulottes en tôle, commandées par des distributeurs Babcock et Wilcox.

Economiseurs et cheminées. — A la sortie de la chaudière, les gaz traversent un économiseur Green de 560 tubes de 3,96 m (13 pieds) de longueur, d'où ils sortent à une température de 200° environ. Le tirage est assuré pour chaque chaudière par une cheminée système Louis Prat, à tirage induit, dont la hauteur est de 30 m au-dessus du plancher des économiseurs. Chaque cheminée est munie de deux ventilateurs de 21 ch ayant une vitesse de rotation de 720 t : mn.

Engins de manutention. — Un chariot monorail électrique de 2,5 t, construit par la Maison Severy-Bedu,

Digitized by Google

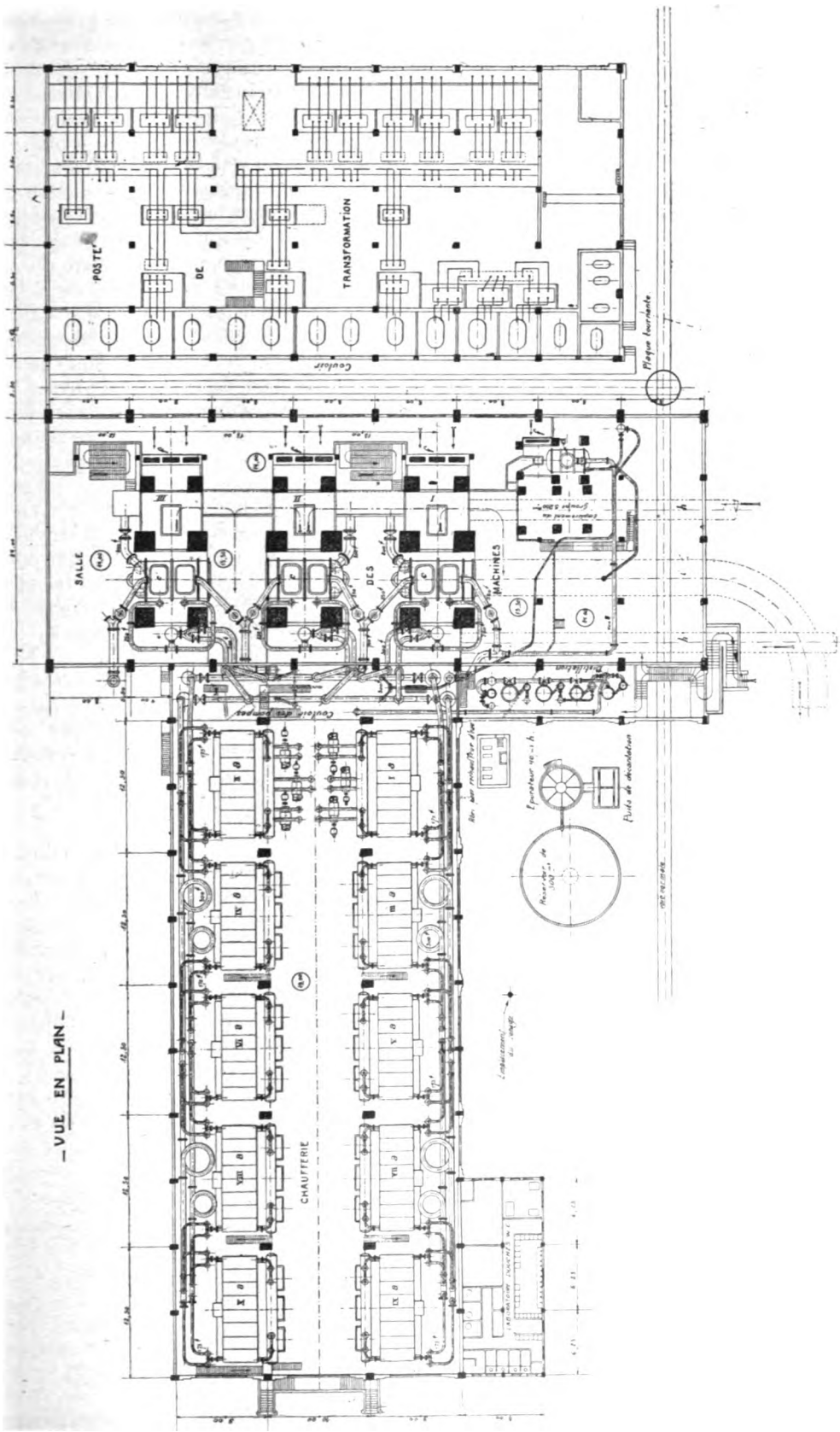


Fig. 7. — Vue en plan de l'usine de Comines.

Digitized by Google

circule dans l'axe de la rue de chauffe. De plus, un pont roulant à bras « Moriss » de 2 t circule à l'étage supérieur au-dessus des économiseurs pour la manutention des faisceaux de tubes ; des trémies sont réservées dans les planchers pour le passage de ces faisceaux.

Service des eaux et alimentation des chaudières. — Le service des eaux de l'usine comprend l'alimentation des chaudières, la circulation d'eau de condensation des groupes turbo-alternateurs, la réfrigération de l'huile de ces groupes, le refroidissement des réactances et des transformateurs statiques, le service d'incendie, l'alimentation en eau potable, les services hygiéniques. Les chaudières sont alimentées en circuit fermé, l'eau d'appoint étant au préalable épurée et distillée. Les tuyauteries d'eau ont été fournies et montées, en partie par les Etablissements Pante et Masquelier de Gand, et en partie par la Maison Boccard de Lyon.

L'usine possède deux sources d'eau, l'une en eau de la Lys prélevée sur les conduites forcées de refoulement de la station de pompage et l'autre en eau de la nappe profonde fournie par un forage foncé à 190 m environ de profondeur dans les calcaires carbonifères. La Lys fournit l'eau de circulation des condenseurs des groupes turbo-alternateurs et du condenseur auxiliaire des appareils à distiller. Cette eau de rivière est également utilisée pour l'appoint des chaudières, pour l'alimentation des réfrigérants d'huile et le service d'incendie. L'eau du forage alimente en eau potable la cité ouvrière et l'usine et elle peut être substituée à l'eau de la Lys pour la fourniture de l'eau d'appoint des chaudières, pour les réfrigérants d'huile et le service d'incendie.

Les groupes moto-pompes centrifuges qui assurent ces différents services, ainsi que les pompes et les bâches alimentaires, sont groupés au rez-de-chaussée dans le même bâtiment que les appareils de distillation. Ce bâtiment, de 5 m de largeur sur 40 m de longueur, est de même construction que la chaufferie. Il porte à sa partie supérieure un château d'eau divisé en trois compartiments, dont deux de 65 m³ et un troisième de 20 m³, ce dernier étant destiné à recevoir l'eau distillée. Les deux réservoirs de 65 m³ sont alimentés à volonté par l'eau du forage et par l'eau brute de la Lys.

Un épurateur à froid, Delmouly-Lamy, pouvant traiter 40 m³ d'eau à l'heure, assure très largement l'appoint nécessaire pour compenser les pertes diverses de l'installation. Il est destiné à marcher seulement huit heures par jour. L'eau fournie par l'épurateur est recueillie dans un réservoir de décantation d'une capacité de 300 m³. Un second réservoir de même capacité est alimenté en eau distillée qui sert à la réfrigération des transformateurs et des réactances. Cette eau distillée parcourt un circuit fermé et est refroidie par un réfrigérant à pulvérisation.

Les appareils à distiller sont de construction Kestner type « Grimpage » à triple effet travaillant sous vide et dont le premier corps est chauffé par la vapeur d'échappement des groupes turbo-pompes alimentaires, qui a une pression absolue de 2 kg : cm². Le débit net en eau distillée de cette installation peut atteindre 10 m³ : h en marche continue. L'eau distillée, dont le débit est enregistré par un compteur « Lea Recorder », est fournie aux bâches alimentaires. Les pompes alimentaires, au nombre de quatre, sont de construction Sulzer. Trois de ces pompes sont actionnées par turbine à vapeur à haute pression et la quatrième par un moteur à courant triphasé à 220 v. Leur débit unitaire est de 150 m³ : h sous une pression de refoulement de 25 kg : cm² et de 200 m³ : h sous une pression de 23 kg : cm². Ces pompes sont installées avec leurs aspirations en charge sous les bâches alimentaires ayant chacune une capacité de 21 m³. Ces bâches alimentaires reçoivent, d'autre part, l'eau de condensation extraite des condenseurs des groupes turbo-alternateurs, par des moto-pompes centrifuges.

Chacune des pompes alimentaires refoule dans deux barillets de distribution portant les vannes d'arrêt et les soupapes de sûreté destinées à renvoyer l'eau aux bâches au cas où la pression deviendrait supérieure à 25 kg : cm² dans les tuyauteries d'alimentation.

Un tuyauterie de dérivation partant des barillets assure le refroidissement d'un premier condenseur à eau distillée Kestner.

Les tuyauteries d'alimentation des économiseurs sont à double collecteurs parallèles constituant des boucles autour de la chaufferie avec vannes de sectionnement.

Les branches de raccordement sont munis de compteurs à eau Worthington et de régulateurs automatiques « Copes ».

Tuyauteries de vapeur. — Ces tuyauteries, exécutées par les Etablissements Pante et Masquelier, sont en acier doux, sans soudure, renforcées et munies d'assemblages à brides mobiles et à bagues à talon soudés, le tout en fer forgé. Le nombre d'assemblages a été réduit au minimum indispensable. Les rayons de courbure cintrés à chaud sont le plus grand possible et au moins égaux à cinq fois le diamètre du tuyau.

Les collecteurs sont doubles en lignes parallèles aux rangées des chaudières et viennent aboutir à des séparateurs d'eau en acier, soudés au marteau, de modèle spécial, de grande capacité et installés dans le couloir des tuyauteries. Les sorties des surchauffeurs se raccordent chacune à un des deux collecteurs indépendants. Les départs vers les turbo-groupes et les pompes alimentaires sont également doubles jusqu'aux séparateurs d'eau des turbines. Les branchements de ces départs se font dans le couloir sur les collecteurs doubles de liaison.

Ces tuyauteries sont soigneusement calorifugées et munies de couvre-joints facilement démontables. Le produit calorifuge est un composé de 85 pour 100 de sulfate de magnésie « Newalls » et de 15 pour 100 de fibre d'amiante ; on lui donne une épaisseur de 90 mm.

La disposition des tuyauteries permet d'alimenter

Digitized by Google

l'un quelconque des turbo-groupes par les chaudières de différentes batteries. Des passerelles et des planchers de service rendent aisées les manœuvres des vannes d'arrêt et l'entretien des tuyauteries. Ces tuyauteries

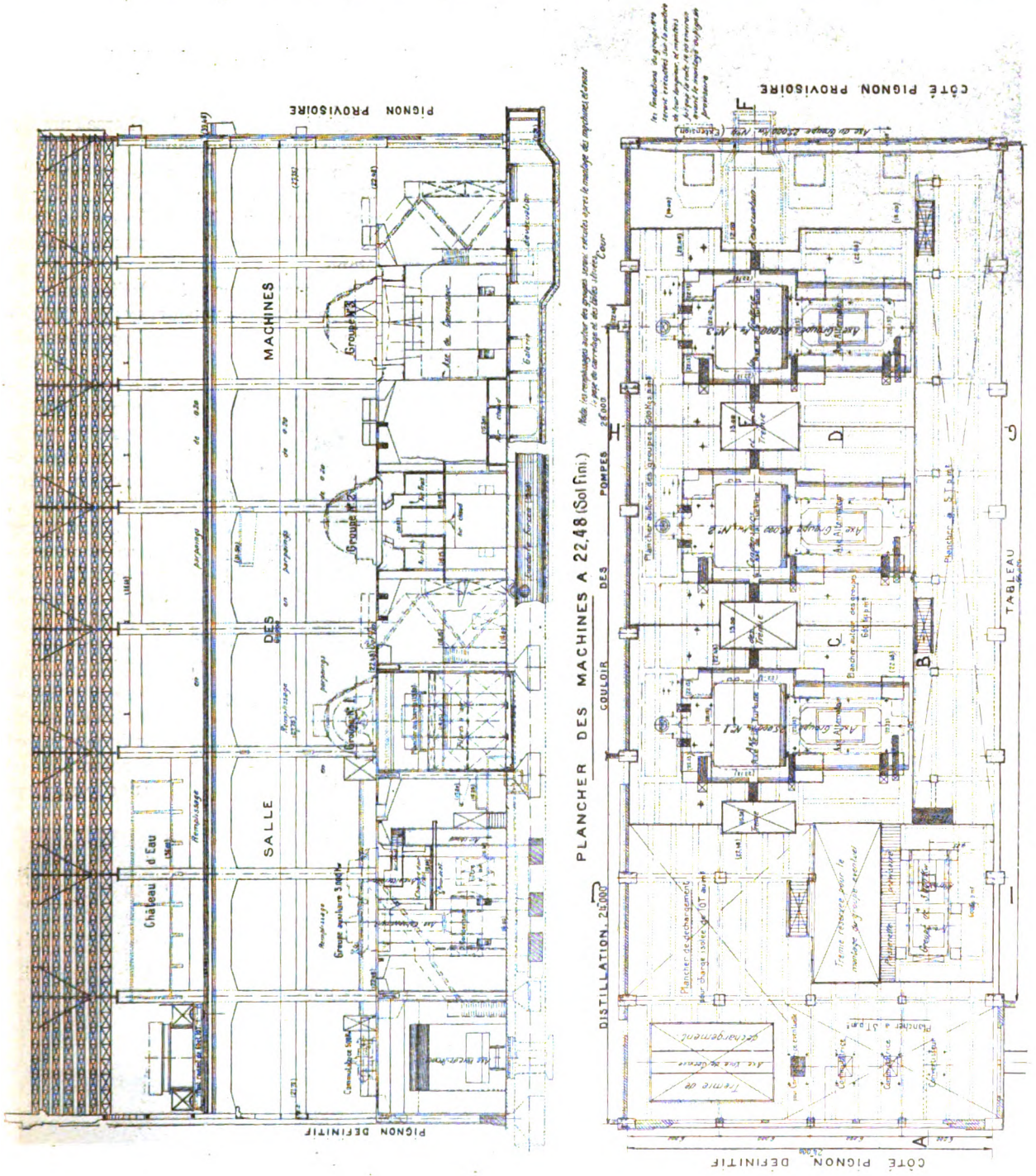


Fig. 8. — Coupe et vue en plan de la salle des machines.

sont munies de compteurs de vapeur de la General Electric Company, de thermomètres et de prises pour manomètres.

Salle des machines. — Généralités. — Le bâtiment de la salle des machines représenté en coupe et en plan sur la figure 8 a une longueur de 64 m sur une largeur de 24 m et une hauteur de 25,40 m. Il est fondé sur 606 pieux en béton armé pour les massifs des groupes turbo-alternateurs et les longs pans, les poteaux secondaires étant fondés sur 300 pieux en bois. Les massifs des groupes turbo-alter-

Digitized by Google

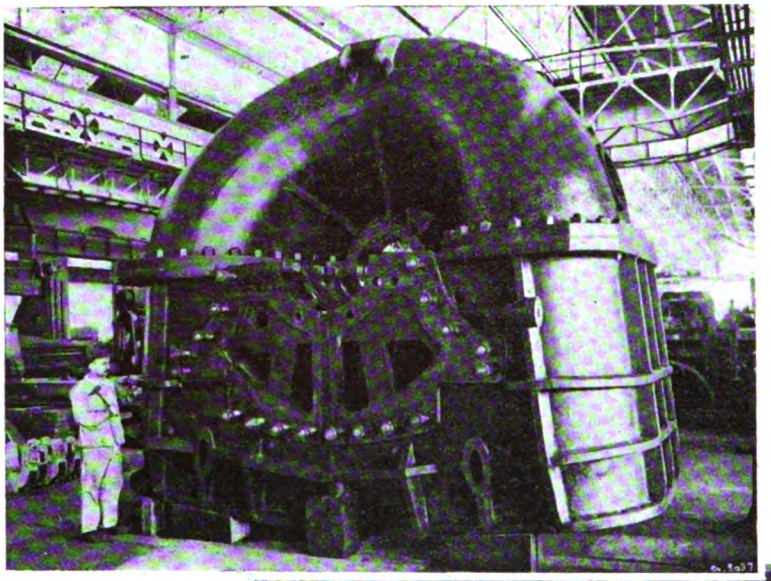


Fig. 9. — Vue de l'enveloppe basse pression et de la tubulure d'échappement d'une turbine de 25 000 kw.

nateurs sont indépendants du reste du bâtiment.

Pour tenir compte des vibrations produites par ces groupes en marche, les fondations ont été calculées pour une charge égale à cinq fois la valeur de la charge statique. Le bâtiment est couvert en tuiles, avec sous-toiture en éternit.

Une cloison régnant sur toute la hauteur du sous-sol limite, entre les alternateurs et la paroi du poste de transformation, une zone d'air frais, complètement isolée du reste de la salle des machines.

La zone d'air frais en liaison avec l'air extérieur communique par des filtres à ruissellement d'eau, de la Société de Condensation et d'Application mécanique, avec les chambres d'air frais ménagées sous les alternateurs. L'air réchauffé par ces derniers est ensuite refoulé par des gaines d'air chaud, jusque dans le sous-sol de la chaufferie.

Lors de la deuxième étape, l'extension de la salle des machines sera réalisée par l'allongement du bâtiment dans la direction opposée à la Lys.

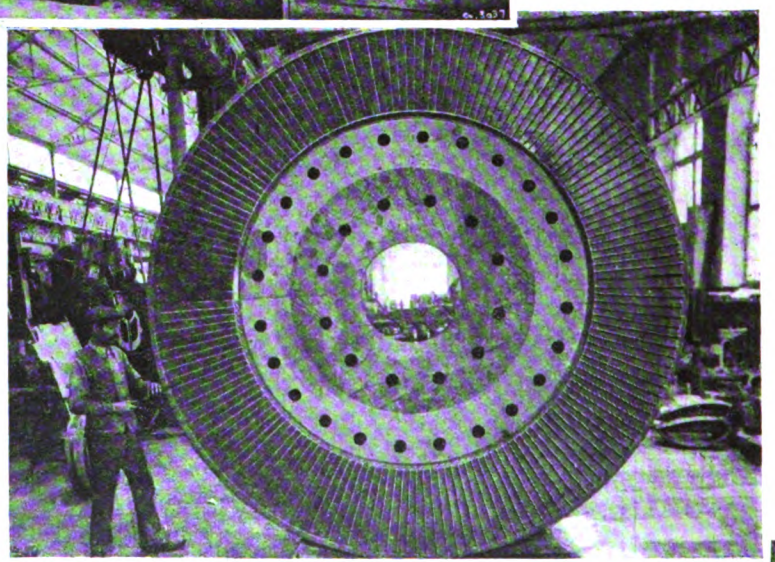


Fig. 10. — Vue du diaphragme n° 10 d'une turbine de 25 000 kw.

Aménagement. — La salle des machines renferme les appareils suivants :

GROUPES TURBO-ALTERNATEURS PRINCIPAUX. — La production de l'énergie est assurée par :

Trois groupes turbo-alternateurs de 25 000 kw chacun, dont un de réserve.

La puissance installée en première étape atteint donc 75 000 kw, soit une puissance disponible de 50 000 kw. Cette dernière sera doublée dans une deuxième étape.

Chaque groupe est constitué par :

Une turbine à vapeur, système Schneider-Zoelly, type action, d'une vitesse de 1 500 t : mn, établie pour fonctionner normalement avec de la vapeur sous pression effective de 18 kg : cm² surchauffée à 350° C. Les figures 9, 10 et 11 représentent l'enveloppe, le diaphragme et le rotor d'une de ces turbines.

Un alternateur à courant triphasé 10 500 v entre phases à 50 p : s dont le rotor (fig. 12) directement ac-

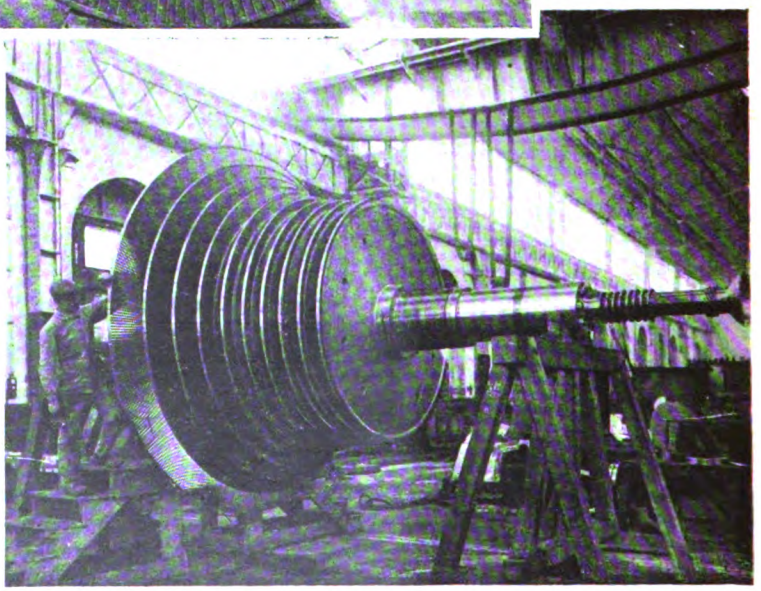


Fig. 11. — Vue du rotor d'une turbine de 25000 kw.

Digitized by Google

couplé par manchon à celui de la turbine est supporté par deux paliers à graissage sous pression.

Cet alternateur, à forte chute de tension, est susceptible de supporter la mise en court-circuit de ses trois phases sous la tension correspondant à la pleine charge.

Chaque alternateur possède son excitatrice en bout d'arbre, laquelle est établie pour supporter indéfiniment le courant correspondant à la pleine charge avec $\cos \Phi = 0{,}8$ à la tension normale. La tension normale d'excitation est de 250 v.

Groupe d'excitation de réserve. — En prévision d'un accident possible à l'une des excitatrices des turbo-alternateurs de 25 000 kw, il a été installé un groupe d'excitation de réserve, comprenant :

Un moteur asynchrone à rotor bobiné avec dispositif de mise en court-circuit des bagues et de relevage des balais alimenté en courant triphasé 220 v, 50 p : s, tournant à 1000 t : mn accouplé sur socle commun à une dynamo à courant continu, shunt, d'une puissance de 160 kw pouvant réaliser les mêmes variations de tension que les excitatrices des turbo-alternateurs de 25 000 kw, soit de 100 à 250 v.

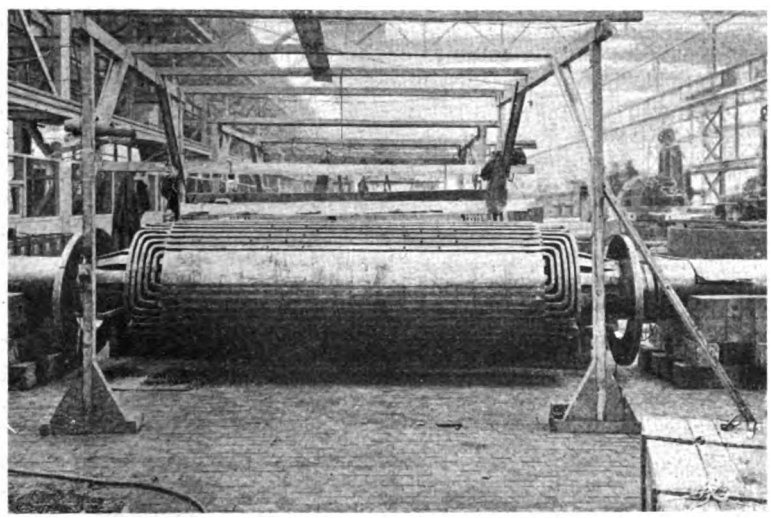


Fig. 12. — Vue du rotor d'un des alternateurs de 25 000 kw.

Groupe turbo-alternateur auxiliaire. — Les moteurs alimentant les services auxiliaires de l'usine et de la station de pompage, ainsi que l'éclairage reçoivent le courant en provenance d'un groupe turbo-alternateur d'une puissance de 3500 kw constitué par une turbine à vapeur à haute pression, système Rateau, à la vitesse de 3000 t : mn, fonctionnant normalement avec vapeur sous pression effective de 18 kg : cm², surchauffée à la température de 350° C. Cette turbine est accouplée directement à un alternateur à courant triphasé, capable de développer en marche continue une puissance de régime de 3500 kw sous tension de 10 500 v, à la fréquence de 50 p : s.

L'énergie produite par cet alternateur est distribuée aux barres auxiliaires à 10 500 v.

Ces barres alimentent :

1° Les transformateurs de 2000 kv-a, 10 500/220 v pour les services auxiliaires de l'usine actionnés par moteurs à courant triphasé ;

2° Les transformateurs des commutatrices pour les services auxiliaires actionnés par moteur à courant continu ;

3° Les transformateurs de 1000 kv-a, 10 500/220 v pour la station de pompage.

En prévision d'un accident au groupe turbo-alternateur de 3500 kw, les barres auxiliaires 10 500 v peuvent recevoir le courant en provenance des turbo-alternateurs principaux par la manœuvre de deux interrupteurs à huile permettant d'en établir la connexion avec les barres 10 500 v desservant les feeders de la région de Comines.

On envisage l'installation ultérieure d'un groupe turbo-alternateur auxiliaire d'une puissance de 5 200 kw.

Commutatrices. — Les appareils de manutention : ponts roulants, portiques, transporteurs par courroie, trémies roulantes, élévateurs à godets, etc..., sont alimentés par courant continu en provenance de 2 commutatrices hexaphasées à 50 p : s, à excitation shunt, d'une puissance respective de 500 kw, vitesse 1000 t : mn, tension 230 v, munies de pôles auxiliaires avec interrupteur à force centrifuge en bout d'arbre et moteur asynchrone pour démarrage par auto-synchronisation.

Chaque commutatrice reçoit le courant d'un transformateur répondant aux caractéristiques suivantes : puissance 550 kv-a, à la fréquence 50 p : s ; rapport de transformation, 10 500/172 v.

On a réservé l'emplacement pour une troisième commutatrice de même puissance.

Groupe convertisseur pour batterie d'accumulateurs. — L'éclairage de secours, ainsi que la manœuvre des disjoncteurs à huile par commande électrique à distance sont réalisés par le courant provenant d'une batterie d'accumulateurs fer-nickel d'une capacité de 350 a-h.

Le courant nécessaire à la charge de cette batterie est fourni par un groupe convertisseur composé d'un moteur asynchrone triphasé à rotor bobiné d'une puissance de 24 ch, 220 v à 50 p : s, directement accouplé sur socle commun avec une génératrice à courant continu, excitation shunt, pouvant débiter un courant de 75 a sous une tension variable de 110 à 160 v.

Digitized by Google

Pont roulant. — La manœuvre des différentes pièces constituant les appareils installés dans la salle des machines est réalisée par un pont roulant électrique à deux crochets et capable de manutentionner normalement une charge de 60 t au crochet principal et une charge de 10 t au crochet auxiliaire.

Les trois mouvements de levage ou descente des charges, translation du chariot, translation du pont, complètement indépendants l'un de l'autre, peuvent avoir lieu simultanément.

Ce pont roulant permet également d'effectuer la visite des transformateurs; à cet effet, ces derniers sont amenés sur voie ferrée dans le sous-sol de la salle des machines en regard de la trappe prévue pour la manutention des appareils.

Tableau de distribution et salle des transformateurs. — Généralités. — Le poste de transformation, d'une longueur de 56 m et d'une largeur de 28,40 m, est séparé de la salle des machines par un couloir de même longueur et de 5,50 m de largeur réservé au tableau. Ce poste est fondé sur des semelles en béton armé rendues solidaires entre elles par des nervures longitudinales et transversales.

L'étage des disjoncteurs est situé à la même cote que celui de la salle des machines, c'est-à-dire à la cote 22,48 m, l'étage des départs est à la cote 30 m.

Une voie ferrée occupe le sous-sol du couloir du tableau et dessert les cellules des transformateurs disposées dans le poste en bordure de ce couloir.

Des gaines d'air assurent l'évacuation de l'air chaud sur la toiture de ces cellules.

L'extension du poste se fera par allongement du bâtiment dans la même direction que la salle des machines; son pignon provisoire est établi dans le prolongement de celui de cette salle et constitué comme lui par des pans de fers avec remplissage en briques et châssis métalliques.

Le pignon et la façade définitive sont en béton armé avec remplissage en parpaing.

Schéma de distribution. — Le schéma unifilaire représenté sur la figure 12 permet de distribuer l'énergie électrique, comme il est décrit ci-après.

Alimentation des barres 45 000 v. — Le courant sous tension 10 500 v aux bornes de chaque alternateur principal est dirigé sur trois transformateurs élévateurs monophasés 10 500/45 000 v d'une puissance respective de 10 500 kv-a.

Ces transformateurs alimentent chacun les trois jeux de barres omnibus 45 000 v par l'intermédiaire de trois interrupteurs à huile commandés électriquement à distance; des bobines de réactance ont été prévues sur les circuits fournissant le courant aux barres de couplage.

Un disjoncteur à huile, placé contre les interrupteurs désignés ci-dessus et les bornes haute tension des trois transformateurs, établit, en cas d'accident, la mise hors circuit du turbo-alternateur correspondant. Ce fonctionnement est assuré à l'aide de deux relais différentiels prévus pour la protection de chaque alternateur et de ses transformateurs et un relais wattmétrique installé en vue d'assurer le déclanchement du disjoncteur dans le cas d'un retour de puissance provoqué par une fausse manœuvre au couplage des alternateurs.

Les barres omnibus comportent : un jeu de barres de couplage, un jeu de barres principales et un jeu de barres auxiliaires.

Ces barres sont sectionnées en plusieurs tronçons en vue d'attribuer, si on le juge utile, à chaque groupe de départs un turbo-alternateur distinct. Cette disposition permet ainsi d'obtenir des secteurs complètement indépendants fonctionnant comme s'ils étaient alimentés chacun par sa propre station

Les différents tronçons des barres principales et auxiliaires sont reliés entre eux par un interrupteur à huile encadré de deux sectionneurs tripolaires à commande mécanique.

Départs 45 000 v. — La répartition des départs sur les différents tronçons est réalisée de la façon suivante :

Premier tronçon. — Deux départs en direction du poste B (première étape); deux départs en direction du poste Etat de Marquette (première étape); deux départs en direction de Quesnoy-Deulemont (deuxième étape).

Deuxième tronçon. — Quatre départs en direction du poste A (première étape).

Troisième tronçon. — Quatre départs en direction du poste A (deuxième étape); deux départs en direction d'Halluin (deuxième étape).

Chaque départ est connecté aux jeux de barres principales et barres auxiliaires par l'intermédiaire de trois sectionneurs tripolaires à commande mécanique et d'un disjoncteur à huile à maximum.

L'emplacement est réservé pour un deuxième disjoncteur dont l'installation est prévue à titre de secours.

Tous les départs sont protégés contre les décharges atmosphériques et les surtensions par des limiteurs à jet d'eau, des parafoudres à cornes et des résistances liquides.

Les deux départs du poste Etat de Marquette sont munis d'un double jeu de compteurs.

Poste abaisseur 45 000/10 500 v. — Le jeu de barres 45 000 v du poste abaisseur reçoit le courant des barres de couplage par l'intermédiaire d'un sectionneur tripolaire à commande mécanique et d'un interrupteur à huile. On envisage également l'installation ultérieure du couplage de ce poste abaisseur avec les barres auxiliaires 45 000 v ainsi que l'aménagement de réactances disposées entre les sectionneurs et interrupteurs à huile.

Les deux transformateurs abaisseurs triphasés 45 500/10 500 v, d'une puissance unitaire de 5 000 kv-a, sont alimentés par le courant en provenance des barres 45 000 v du poste abaisseur.

Sur le circuit d'alimentation de chacun de ces trans-

Digitized by Google

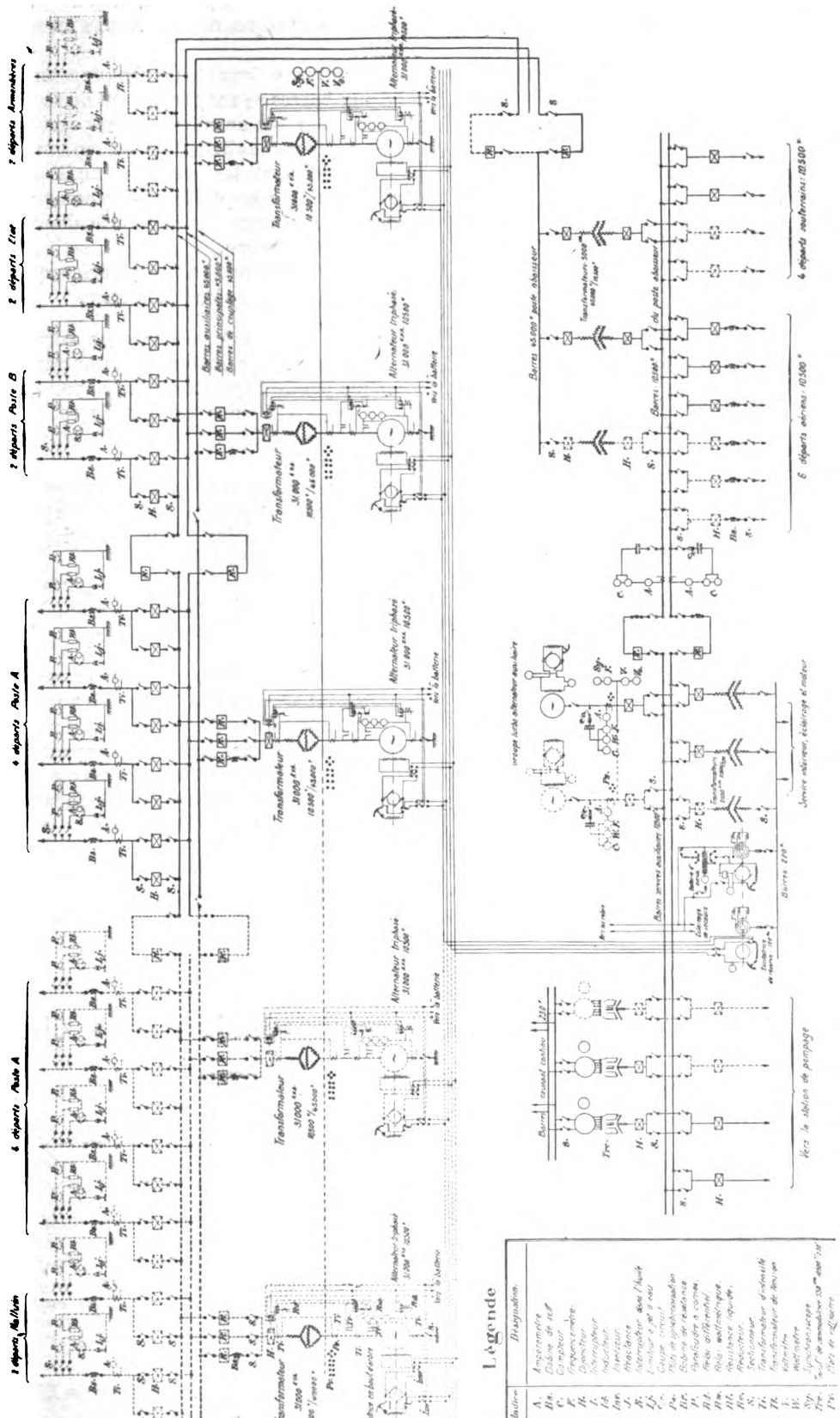


Fig. 13. — Schéma unifilaire de la station centrale de Comines.

Digitized by Google

formateurs est installé un disjoncteur à huile pouvant être isolé des barres par un sectionneur tripolaire à commande mécanique.

On prévoit l'installation ultérieure d'un troisième transformateur de même puissance.

Entre les bornes basses tensions de chaque transformateur et les deux jeux de barres 10 500 v, se trouvent également placés un disjoncteur à huile et deux sectionneurs tripolaires.

Départs 10 500 v. — On envisage pour l'alimentation de la région de Comines dix départs sous tension 10 500 v, dont 6 aériens et quatre souterrains.

Chacun de ces départs pourra être connecté à volonté sur l'un des deux jeux de barres 10 500 v par l'intermédiaire de deux sectionneurs tripolaires.

Services auxiliaires de l'usine. — Alimentation des barres auxiliaires 10 500 v. — Le courant sous tension 10 500 v aux bornes de chaque turbo-alternateur auxiliaire est dirigé sur les deux jeux de barres auxiliaires 10 500 v à l'aide de deux sectionneurs tripolaires. Un disjoncteur à huile placé sur ce circuit assure en cas d'accident la mise hors circuit de l'alternateur correspondant.

Ces barres peuvent être connectées avec les barres 10 500 v du poste abaisseur par l'intermédiaire de quatre sectionneurs et de deux interrupteurs à huile. Ces connexions comportent deux jeux de bobines de réactances.

L'énergie échangée entre les barres du poste abaisseur et les barres des services auxiliaires est enregistrée par un double jeu de compteurs.

Services auxiliaires alimentés par moteurs a courant triphasé. — Les transformateurs 2 000 kv-a, 10 500/220 v reçoivent le courant en provenance des barres auxiliaires 10 500 v.

Sur le circuit d'alimentation de chacun de ces transformateurs se trouve placé un disjoncteur pouvant être isolé de chaque jeu de barres par un sectionneur tripolaire.

Le côté basse tension de chaque transformateur est relié aux barres 220 v par un jeu de sectionneurs unipolaires. Sur ces dernières barres sont connectés les différents départs alimentant les moteurs à courant triphasé actionnant les services auxiliaires, le groupe d'excitation de réserve, le groupe convertisseur destiné à assurer la charge de la batterie d'accumulateurs et l'éclairage de l'usine.

On envisage l'installation ultérieure d'un troisième transformateur de même puissance.

Services auxiliaires alimentés par courant continu. — Les groupes transformateurs-commutatrices sont reliés à chaque jeu de barres auxiliaires par un sectionneur tripolaire. Un disjoncteur à huile est placé entre les sectionneurs et les bornes haute tension de chaque transformateur.

Le jeu de barres courant continu 220 v reçoit le courant de chaque commutatrice par l'intermédiaire d'un sectionneur unipolaire et d'un disjoncteur à maximum et manque de tension.

Sur ces barres sont reliés les départs desservant les moteurs à courant continu actionnant les appareils de levage et de manutention.

Départs 10 500 v vers la station de pompage. — Deux départs sont branchés sur les barres auxiliaires 10 500 v pour l'alimentation des transformateurs 1 000 kv-a, 10 500 220 v, de la station de pompage.

Chaque départ peut être connecté à volonté sur chaque jeu de barres par un sectionneur tripolaire.

Un disjoncteur à huile 10 500 v est installé sur chacun de ces départs.

(*A suivre.*)

J. Reyval.

Sur le projet de normalisation des dimensions des éléments de la construction mécanique

Dans le numéro du 13 mai 1922, t. XI, p. 714-716 de la « Revue générale de l'Electricité » a été publié le projet de normalisation des dimensions des éléments de la construction mécanique, établi par la Commission permanente de Standardisation et basé sur l'emploi des progressions géométriques ayant pour raison des puissances décimales fractionnaires de 10, emploi déjà préconisé par M. E. Labour (R. G. E., 4 août 1917, t. II, p. 177-179). A la suite de cette publication, M. E. Brylinski, délégué général du Syndicat des Producteurs et Distributeurs d'Energie électrique a fait connaître, dans une lettre publiée dans le numéro du 27 mai 1922, t. XI, p. 769-770, les dangers que, d'après ce syndicat, présenterait l'application générale de ce projet à la fixation des dimensions de tous les produits fabriqués et des valeurs de toutes les grandeurs employées dans l'industrie. On trouvera ci-dessous une lettre que nous adresse M. H. de Pistoye sur le même sujet.

J'ai lu avec grand intérêt dans le numéro du 27 mai de la « R. G. E. » la lettre de M. Brylinski écrivant au nom du Syndicat des Producteurs et Distributeurs d'Energie électrique sur le fascicule XI de la Commission permanente de Standardisation.

M'étant moi-même occupé à maintes reprises des

Digitized by Google

questions de normalisation, je me permets de soumettre aux lecteurs de votre Revue les réflexions que me suggère cette lettre.

Je ne partage pas l'opinion de M. Brylinski quant au principe même de la normalisation en progression géométrique de toutes les grandeurs *qui se prêtent à la normalisation*. Je crois que les exemples donnés pour combattre ce principe ne sont pas démonstratifs.

Le premier exemple concerne, je le rappelle, les nombres de tours par minute des machines synchrones, et M. Brylinski trouve que, pour la fréquence 50, ceci conduit à :

3000 - 1500 - 750 - 375 tours par minute, — nombres ne faisant pas partie de la série proposée. Il convient d'abord de remarquer qu'il serait déplorable, à mon sens, de vouloir normaliser les vitesses exprimées en *tours par minute*, alors que l'unité C. G. S. de temps est *la seconde* (1).

Si on divise par 60 les nombres incriminés, on tombe sur :

50 - 25 - 12,5 - 6,25 tours par seconde, nombres qui font précisément partie de la série du fascicule XI (à la petite différence près qui sépare 6,25 et 6,3).

Mais je n'insisterai pas davantage sur cette remarque, car cette coïncidence est due à un fait purement fortuit; plusieurs nombres de tours normaux ont été omis dans le tableau de M. Brylinski :

1000 - 600 - 500 - 428 tours par minute correspondant à :

16,66 - 10 - 8,35 - 7,15 tours par seconde, nombres qui, sauf le second, ne figurent pas dans la série incriminée.

Il est évident que, vouloir normaliser les vitesses des machines synchrones, proportionnelles à la suite des inverses des nombres entiers consécutifs, c'est vouloir normaliser cette suite même, et il n'est pas besoin de démonstration pour nous convaincre qu'elle n'est pas et ne sera jamais une progression géométrique.

D'ailleurs, peut-on prétendre normaliser les nombres de tours des machines synchrones à courant alternatif, alors que ces nombres de tours sont imposés impérieusement par les lois mêmes de la physique? Ces nombres de tours ne sont-ils pas précisément une grandeur ne se prêtant pas à la normalisation?

Ce qu'il importe d'unifier au point de vue industriel, ce sont les éléments dont le choix est arbitraire et non ceux qui sont imposés par des lois physiques indiscutables. L'exemple choisi ne paraît donc pas démonstratif.

Mais il convient, à mon sens, de situer la question sur son véritable terrain : en allant bien au fond des choses, on constate que les objections soulevées contre les projets de normalisation en progression géométrique tiennent avant tout à ce que beaucoup d'ingénieurs ont encore ce que j'appellerai *la religion du nombre rond*, religion incompatible avec la progression géométrique. On s'imagine que la construction sera plus aisée si une cote est égale à 100, que si elle a pour valeur 99 ou 101. Pour beaucoup de questions, d'ordre purement commercial ou financier, je suis parfaitement convaincu qu'il en est bien ainsi, mais pour la construction, il en va tout autrement. Avec les procédés de fabrication actuels sur gabarit, le nombre rond n'a généralement aucun intérêt; ce qui importe beaucoup plus, c'est de réduire au minimum le nombre des modèles et des pièces d'outillage.

Or, nous allons voir que ceci est incompatible avec la recherche du « nombre rond », surtout pour la construction des machines électriques. Vu la diversité des types de machines demandés, si l'on ne veut pas grever la fabrication de frais d'outillage et de modèles énormes, on est forcément conduit à avoir des éléments communs à plusieurs types de machines. Sous ce rapport, l'habileté du constructeur électricien, en France surtout, doit consister à faire des machines spéciales avec des éléments normalisés. Ainsi, dans une même carcasse, avec les mêmes paliers, on logera des moteurs asynchrones à 50 périodes par seconde à quatre, à six ou à huit pôles, en faisant seulement varier le poinçonnage des tôles; quelquefois même, grâce à des artifices, on emploiera les mêmes tôles pour plusieurs polarités. On fera encore dans cette même carcasse des moteurs triphasés à 25 p : s, des moteurs diphasés à 42 p : s, des moteurs monophasés, etc.

Cette pratique de construire des moteurs de polarités différentes dans une même carcasse est en usage chez les plus grands constructeurs du monde, et il n'y a pas possibilité de songer à la changer.

Il est évident que, même si la puissance du moteur triphasé à quatre pôles à 50 p : s est exprimée par un nombre rond, il n'en sera généralement pas de même pour les autres moteurs. Si l'on veut malgré tout inscrire sur le catalogue des puissances rondes, on sera amené à vendre pour 5 kw un moteur de 6 kw (généralement au détriment du facteur de puissance à faible charge) et quelquefois même un moteur de 4,5 kw, ce qui sera encore plus déplorable.

Pour ces raisons, il est préférable de renoncer au « nombre rond » pour tous les cas où le calcul n'y conduit pas naturellement, c'est-à-dire au moins dans les trois quarts des cas. Est-il alors intéressant, pour le dernier quart, c'est-à-dire, dans l'exemple choisi, pour les moteurs triphasés à quatre pôles à 50 p : s d'essayer de maintenir des puissances rondes?

Nous allons voir que les mêmes considérations de réduction des frais de modèles et d'outillage conduisent, même pour ces derniers moteurs, à abandonner la recherche des puissances rondes.

Si l'on veut pouvoir répondre toujours à une demande à a pour 100 près, on est amené à établir des appareils dont les puissances consécutives soient entre elles comme

$$\frac{1 + 0{,}01\,a}{1 - 0{,}01\,a}.$$

(1) Dans les mêmes ordres d'idées, on cherche à introduire partout les puissances des moteurs en kilowatts et non en chevaux.

Digitized by Google

Si, pour obtenir des nombres ronds, on veut réaliser des puissances en progression arithmétique, le rapport de deux termes consécutifs est constamment variable, et certains termes seront beaucoup plus rapprochés qu'il n'est demandé. Le nombre des termes nécessaires pour couvrir une étendue donnée de puissances sera plus grand qu'avec la progression géométrique, les frais d'outillage et de modèles seront augmentés.

Ainsi, pour réaliser des puissances consécutives différentes de 25 pour 100 au maximum entre 1 et 10, on aura, avec la progression géométrique, 11 termes :

1 - 1,25 - 1,6 - 2 - 2,5 - 3,2 - 4 - 5 - 6,3 - 8 - 10,

tandis qu'avec une suite de progressions arithmétiques correspondant à des nombres ronds, on obtient :

1 - 1,25 - 1,5 - 1,75 - 2 - 2,5 - 3 - 3,5 - 4 - 5 - 6 - 7 - 8 - 10, soit 14 termes.

L'avantage d'avoir onze outillages à faire au lieu de quatorze n'est pas mince au point de vue industriel.

On est donc amené à renoncer totalement à la recherche des nombres ronds pour la série des puissances. On pourrait, pour les puissances des moteurs à 4 pôles à 50 p : s, adopter la série que nous venons d'indiquer, mais il est bien évident que, pour les moteurs de polarité ou de fréquence différentes, on ne retombera pas sur la même série de puissances; on trouvera une série dont la raison sera très sensiblement la même, mais dont les termes seront obtenus en multipliant ceux de la série à 4 pôles, à 50 p : s, par un nombre quelconque, 0,83 ou 0,72 par exemple. La recherche d'une même série pour les puissances à toutes les polarités et à toutes les fréquences est par conséquent une utopie.

On est donc conduit, en définitive, à procéder autrement : on adoptera des dimensions de carcasses, de paliers, etc., qui soient en progression géométrique; les puissances produites pour une même polarité et une même fréquence seront en progression géométrique; les raisons des progressions correspondant aux différentes polarités et fréquences seront sensiblement les mêmes, mais les puissances seront absolument quelconques et ne pourront pas être normalisées.

Ce qui peut être normalisé en progression géométrique dans chaque usine de construction de machines électriques, ce sont donc les dimensions des carcasses, paliers, etc., et non les puissances.

La normalisation de celles-ci conduirait fatalement à augmenter les immobilisations en outillage et en modèles, ce qui va exactement à l'encontre du but de l'unification.

On fait quelquefois l'objection suivante : l'acheteur qui, ayant demandé 5 kw, recevra des propositions s'échelonnant de 4 à 6,5 kw, par exemple, sera très embarrassé pour choisir. Il aura d'abord l'avantage de savoir exactement ce que chaque constructeur lui offre, tandis qu'avec le système actuel où on lui propose, sous le nom de moteur de 5 kw, des moteurs dont les puissances réelles sont différentes de cette valeur, il pourra avoir, à l'usage, de désagréables surprises. De plus, l'acheteur avait, en général, arrondi lui-même la puissance dont il prévoyait avoir besoin; son calcul lui donnait peut-être 4,5 ou 5,5 kw. Recevant des propositions de moteurs de puissances échelonnées, il y trouvera certainement des machines exactement appropriées à ses besoins. Cette objection ne paraît donc pas à retenir.

Aussi la tendance actuelle de la construction est-elle orientée vers la normalisation en progression géométrique. Il est à remarquer que beaucoup de constructeurs électriciens français, encore hostiles à la progression géométrique il y a deux ou trois ans, s'y sont maintenant ralliés, tandis qu'aucun d'eux n'a effectué, à ma connaissance, le mouvement inverse.

A l'étranger d'ailleurs, du moins en Suisse et en Allemagne, la tendance dans ce sens est très accusée. Ayant été autrefois collaborateur de E. Labour, qui, le premier en France, je crois, a effectivement introduit de façon systématique la progression géométrique dans la fabrication (1), j'ai pu en mesurer les énormes avantages, et je ne suis pas surpris de voir l'étranger s'y rallier aussi bien que les constructeurs français.

Il est naturel que les « producteurs et distributeurs d'énergie électrique », qui ne sont pas constructeurs, n'apprécient pas ces avantages, et en soient encore à l'âge de la numération décimale quand la construction en est venue à l'ère du logarithme; mais il serait regrettable que, pour des objections dont la base est, en somme, fragile, la Commission permanente de Standardisation revint en arrière et retirât le fascicule XI dont l'esprit général est excellent.

Pour arriver à de bons résultats dans la voie de la normalisation, il faut, en effet, partir d'abord d'une base logique, comme l'a fait la Commission.

A contraire, avec le système anglais qui consiste à normaliser ce qui existe, on aboutit à des résultats du genre de l'unification des tensions que M. Brylinski nous offre en exemple, mais qui ne paraît pas avoir donné de bien brillants résultats.

Aucun constructeur ne s'est aperçu, à ma connaissance du moins, que les tensions aient été effectivement normalisées; elle continuent à être aussi variables aujourd'hui qu'hier, et « la résistance acharnée des exploitants à modifier leurs tensions usuelles », dont parle M. Brylinski, paraît avoir fait échouer de façon complète, au moins jusqu'ici, la normalisation « pratique » de 1918. Peut-être le caractère peu rationnel de cette unification en est-il aussi un peu la cause.

La seule objection à la note XI de la Commission permanente de Standardisation est, à mon sens, la suivante : dans certains cas particuliers, une raison de progression différente de $\sqrt[10]{10}$ pourra être désirable. Ainsi, pour l'unification des tensions, si quelque jour cette question est reprise, la progression de raison $\sqrt{3}$ s'imposera, pour permettre les couplages étoile-triangle

(1) L'introduction par M. E. Labour de la progression géométrique dans les fabrications de la Société l'Eclairage électrique remonte à plus de vingt ans.

Digitized by Google

si précieux en pratique sur les réseaux triphasés (1); c'est d'ailleurs ce qui vient d'être adopté en Suisse. Mais, dans la très grande majorité des cas, la série proposée par la Commission permanente de standardisation conviendra.

Il faudrait donc simplement spécifier que le fascicule XI est la règle générale, mais que des exceptions pourront être admises quand des justifications satisfaisantes seront apportées.

Il faudra également choisir avec discernement les grandeurs à normaliser, et ne pas chercher à unifier les puissances quand ce sont les alésages de carcasses qu'il importe de standardiser.

En m'excusant de la longueur de cette lettre, je vous prie d'agréer, Monsieur le directeur, l'assurance de ma considération distinguée.

H. DE PISTOYE.

Revues, analyses et informations

Etude sur le pont de Thomson (2).

La méthode ordinaire d'emploi du pont de Thomson pour la mesure des faibles résistances est schématiquement indiquée en figure 1, où x représente la résistance à mesurer et ω_1 la résistance de la portion du fil étalonné ramenant à zéro la déviation du galvanomètre. Dans ces conditions si les résistances r_1, r_2, r_3, r_4, relativement importantes par rapport à x et ω_1, satisfont à la relation

$$\frac{r_1}{r_2} = \frac{r_3}{r_4} = \alpha,$$

la valeur de la résistance à mesurer est donnée par l'équation simple

$$x = \alpha\omega_1$$

Des erreurs peuvent toutefois s'introduire dans cette mesure du fait que les résistances r_1 à r_4 peuvent être endommagées par un courant trop fort modifiant ainsi le coefficient

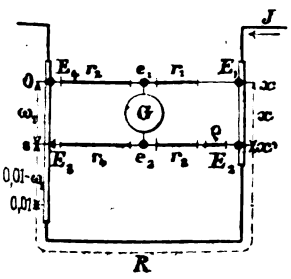


Fig. 1.

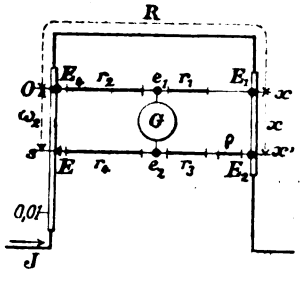


Fig. 2.

2. De même une de ces résistances possède, dans la plupart des appareils, des contacts glissants ou mobiles qui en rendent la valeur imprécise.

Ces défauts sont immédiatement décelés si l'on procède, après la première mesure, à une seconde mesure suivant le schéma de la figure 2 qui, au cas où la relation

$$\frac{r_1}{r_2} = \frac{r_3}{r_4} = \alpha$$

n'est pas exactement vérifiée, donnera lieu à une seconde lecture ω_2 différente de ω_1.

Dans le premier cas l'équation d'équilibre s'écrit

$$E_2 - E_1 + \frac{r_3}{r_3 + r_4}(E_3 - E_2) - \frac{r_1}{r_1 + r_2}(E_4 - E_1) = 0,$$

ou

$$x + \frac{r_3}{r_3 + r_4}(R + 0{,}01 - \omega_1) - \frac{r_1}{r_1 + r_2}(x + R + 0{,}01 - \omega_1) = 0,$$

ou en posant

$$\frac{r_1}{r_2} = \alpha \quad \text{et} \quad \frac{r_3}{r_4} = \alpha(1 + \varepsilon),$$

et en négligeant les termes autres que ceux du premier ordre

$$x = \omega_1\alpha - \frac{\alpha\varepsilon}{1 + \alpha}(R + 0{,}01 - \omega_1).$$

Dans le deuxième cas on a, de même,

$$x = \omega_2\alpha + \frac{\alpha\varepsilon}{1 + \alpha}[R + \omega_2(1 + \alpha)],$$

Posant

$$\frac{1}{2}(\omega_1 + \omega_2) = \omega, \quad \omega_1 - \omega_2 = \delta,$$

$$x = \alpha\left[\omega - \frac{\delta(0{,}01 - (2 + \alpha)\omega}{2(2R + 0{,}1 + \alpha\omega}\right].$$

La valeur x peut donc être mesurée avec beaucoup de précision pourvu que α soit exactement déterminé dans une des deux branches et que l'étalonnage du fil de mesure soit correct. Dans tous les cas, la précision de la mesure est accrue du fait que la correction sur ω est proportionnellement beaucoup plus importante que sur ε et, que l'on peut procéder à plusieurs doubles mesures avec des valeurs différentes des résistances r dont le résultat moyen est indépendant des erreurs particulières.

Cette méthode s'applique également à la mesure des résistances de shunts d'appareils de mesure. Ces shunts sont souvent constitués par une résistance fixe donnée, dont la valeur est intentionnellement choisie plus élevée que la valeur théoriquement nécessaire. La correction est obtenue en intercalant sur l'une des bornes de mesure un petit fil résistant de 0,1 à 0,2 ohm, dont la présence ne peut en général pas être décelée. Une double mesure faite suivant les schémas

(1) *R. G. E.*, 24 juin 1922, t. XI, p. 926.
(2) R. HIECKE. *Elektrotechnik und Maschinenbau*, 2 avril 1922, t. XL, p. 158-161, 2500 mots, 4 fig., 5 tab.

Digitized by Google

III et IV (fig. 3) permet de déterminer la résistance vraie du shunt, la résistance du fil de correction s'ajoutant tantôt à la résistance r_1 tantôt à la résistance r_3.

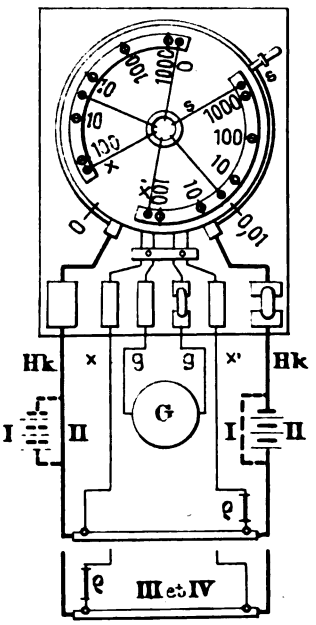


Fig. 3.

Une nouvelle méthode de calibrage et d'étalonnage du fil de comparaison du pont est également indiquée. — A. R.

Le rapport entre le rendement et les frais d'exploitation des petits moteurs et génératrices (1).

L'auteur indique l'effet des différences de rendement sur les frais d'exploitation de machines dynamos de même puissance; cet effet est très sensible et plus spécialement depuis la guerre, en raison de l'augmentation de prix du courant. Les règlements divers qui régisssent la fourniture des machines ont une grande influence indirecte sur le rendement de celles-ci; en particulier, l'augmentation de l'échauffement toléré permet d'augmenter la charge normale, de même la durée d'application de la surcharge a également une influence marquée et les nouveaux règlements anglais permettent de faire fonctionner des machines dont le rendement maximum est atteint aux trois quarts de la charge normale, chose impossible avec les anciens règlements. Au point de vue de la consommation, ces machines sont très intéressantes en ce que leurs pertes à vide sont plus faibles que celles des anciennes.

L'auteur a fait le projet de plusieurs séries de machines à courant continu, 225 v, de 0,1 kw à 10 kw et tournant à 500, 1 000 et 2 200 t : mn, à 2 et à 4 pôles et sans pôles auxiliaires, car le rendement des machines munies de ce dispositif est un peu plus petit que dans le cas où ces pôles ne sont pas employés. Pour l'établissement de ces projets, il se donne un rapport fixe du diamètre de l'induit à la longueur : 0,78 pour les machines bipolaires et 0,39 pour les machines à 4 pôles; il admet une induction magnétique de 10 000 à 14 000 gauss dans le noyau induit, 21 000 à 22 000 gauss dans les dents, 6 000 à 7 000 gauss dans l'entrefer; il admet une épaisseur d'isolant d'encoche égale à un millimètre; 0,7 dent par centimètre de périphérie de l'induit; trois lames de collecteur par dent; une densité de courant dans les inducteurs égale à 1,5 A : mm², les balais laissant passer 8 A : cm² avec une pression de 0,1 kg : cm². Comme il est essentiel de connaître le facteur de remplissage des encoches, l'auteur donne (fig. 1), les courbes de ce facteur pour divers modes d'isolement du fil.

La puissance est proportionnelle à $D^2 l$; il calcule ces différentes quantités pour le cas où $D^2 l = 1\,500$ et il trouve (machine bipolaire) $l = 12{,}4$ cm, $D = 9{,}8$ cm; le noyau inducteur de section circulaire a une surface égale à $9{,}8^2 \times 0{,}785 = 76$ cm², l'induction étant supposée égale à 15 000 gauss, le flux qui traverse l'induit est de $= 76 \times 15\,000 \times 0{,}82 = 940\,000$ maxwells; pour produire ce flux, l'auteur admet qu'il lui faut 1 680 ampères-tours par pôle. En admettant une température de 60° pour l'enroulement inducteur et une densité de 1,5 A : mm², la section totale de cuivre doit être égale à 11,2 cm²; son poids approximatif, de 4 kg et la perte totale, égale à 20,5 w par pôle. En utilisant de la tôle « Stalley », pour une induction égale à 14 000 gauss et 16,6 p : s, la perte dans le fer de l'induit est égale à 21 w auxquels l'auteur ajoute 22 w pour la ventilation et les pertes par frottement, 41 w pour les autres pertes, soit une perte constante égale à 84 w.

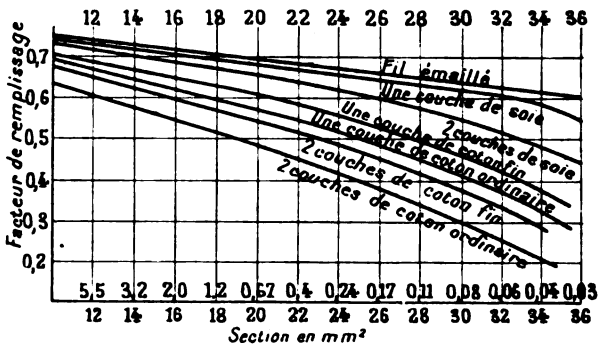


Fig. 1. — Facteur de remplissage pour conducteurs ronds isolés de différentes manières.

Le nombre d'encoches est égal à 28, dont chacune contient 48 conducteurs; les dimensions de ces encoches sont 15 mm de profondeur et 6,5 mm de largeur, permettant de loger des conducteurs d'une section égale à 0,74 mm²; le poids de cuivre placé sur l'induit atteint 3 kg: la densité de courant admise est égale à 3,52 A : mm² de sorte que la machine peut fonctionner avec un courant de 5,2 A dans l'induit. Dans ces conditions, l'induit reçoit $225 \times 5{,}2 = 1\,170$ w; les pertes totales de l'induit étant égales à 127 w, la puissance disponible sur l'arbre est égale à 1 043 w; la puissance totale absorbée par la machine étant de 1 211 w, le rendement à pleine charge atteint 86 pour 100.

La tension de réactance, calculée par la méthode de Hobart, ne dépasse pas 1,4 v; la machine pourrait donc supporter, sans étincelles, une charge beaucoup plus grande que celle prévue, les calculs de l'échauffement indiquent que la machine pourrait supporter une charge 25 à 30 pour 100 supérieure.

Les courbes de la figure 2 représentent les rendements calculés de 36 machines étudiées séparément suivant la méthode précédente; la partie hachurée se rapporte aux

(1) E.-G. Kennard. *Electrical Review*, Londres, 17 et 24 juin 1921, t. LXXXVIII, p. 771-773 et 827-830, 6 000 mots, 9 fig.

Digitized by Google

rendements moyens des machines actuellement sur le marché ; l'infériorité de ces rendements est due en grande partie aux exigences des anciens règlements qui imposaient des températures trop basses et des surcharges trop grandes et de trop longue durée. L'auteur recommande de ne pas dépasser 3 600 t : mn pour les machines tripolaires et

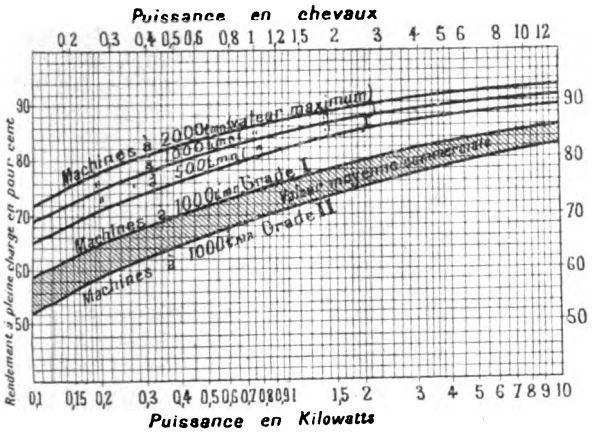


Fig. 2. — Rendement de machines à courant continu de différents types pour des puissances et vitesses variables.

1 800 t : mn pour les machines à 4 pôles ; au delà de ces vitesses, les pertes dans le fer prennent une trop grande importance et annulent les autres avantages obtenus par le fonctionnement à grande vitesse.

Dans ces limites, le rendement des machines augmente avec la vitesse ; la courbe de la figure 3 montre les rende-

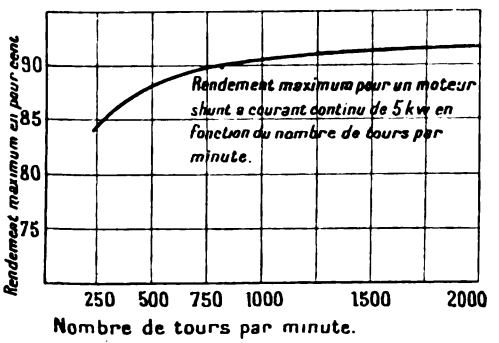


Fig. 3. — Rendement maximum pour un moteur shunt à courant continu de 5 kw en fonction du nombre de tours par minute.

ments obtenus pour une machine de 5 kw établie pour des vitesses comprises entre 250 et 2 000 t : mn. L'auteur montre ensuite que, malgré le prix plus élevé des machines à plus grand rendement, leur emploi est des plus avantageux, l'égalité de frais d'amortissement et de consommation étant atteinte après 137 heures de fonctionnement pour deux machines de 5 ch ayant respectivement les rendements 0,78 et 0,85 ; la durée du fonctionnement annuel étant au minimum de 500 h, il en résulte un gros avantage par l'utilisation de la machine à grand rendement. L'auteur reproduit cette étude pour plusieurs cas différents qui conduisent tous au même résultat : les machines à faible rendement ne doivent être préférées que dans les cas où le prix du courant est bas ou lorsque la durée de fonctionnement dans l'année est très réduite. — E. B.

Détermination du coefficient d'écoulement des vannes du barrage mobile d'Augst-Wyhlen (1).

Le barrage d'Augst-Wyhlen a été construit de 1908 à 1912 à 10 km en amont de Bâle pour la production de l'énergie électrique. Il comporte dix ouvertures de 17,50 m de largeur chacune. Les neuf piles en maçonnerie ont 21,70 m de longueur et une largeur variable de 4,20 à 3,70 m. La crête du barrage se trouve à la cote 254,50. Chaque ouverture peut être fermée par une vanne de 7,50 m de hauteur en tôle. En manœuvrant l'une quelconque des vannes, on peut

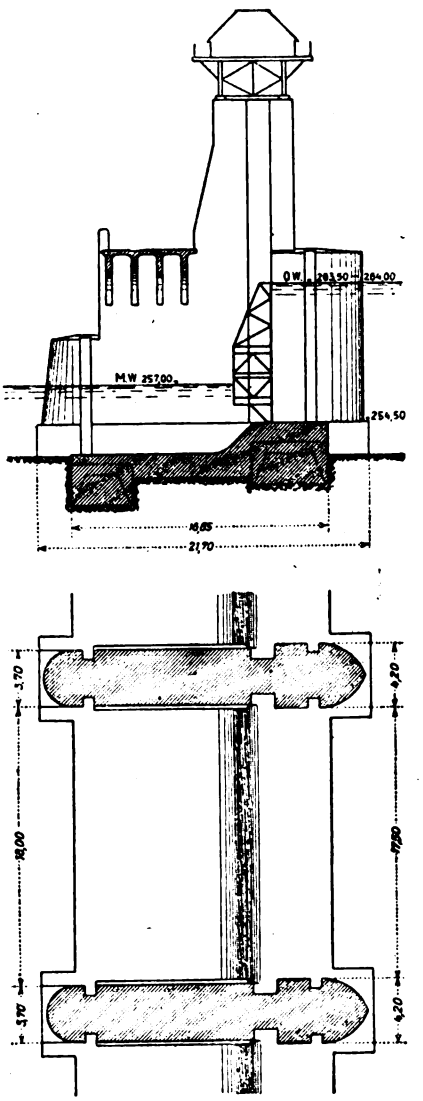


Fig. 1. — Coupe et plan d'une ouverture du barrage d'Augst-Wyhlen.

régler le niveau du bief supérieur à la cote 264 en basses eaux et en eaux moyennes, et à la cote 263,50 en hautes eaux. La hauteur maximum de chute est de 8 m. La figure 1

(1) E. Frolich, *Schweizerische Bauzeitung*, 12 novembre 1921, t. LXXVIII, p. 233-238, 5 000 mots, 6 fig.

Digitized by Google

donne les dimensions d'une ouverture. Pour déterminer le coefficient d'écoulement du barrage, on a fait deux sortes d'expériences. Dans la première on a levé l'une des vannes de manière à faire varier à la fois les deux niveaux amont et aval et par conséquent la hauteur de chute.

On a trouvé les résultats moyens suivants pour l'ouverture considérée :

Hauteur de levée de la vanne, en mètres.....	1	2	2	4	4
Hauteur de chute, moyenne, en mètres.....	5,5	4,5	3,5	2,5	1,5
Coefficient d'écoulement.....	0,73	0,75	0,78	0,84	0,90

Dans la seconde, on maintenait complètement levées les huit ouvertures extrêmes (quatre vers chaque rive), les deux ouvertures centrales étant fermées. On a observé les résultats suivants :

Hauteur de chute h_1.....	0,50	0,37	0,44	0,52	0,59
Hauteur de débit h_2.....	2,10	2,55	2,99	3,43	3,87
Coefficient d'écoulement...	0,834	0,840	0,846	0,856	0,865

La figure 2 ci-contre donne les significations des hauteurs h_1 et h_2. Comme conclusion, il résulte de l'expérience que le coefficient d'écoulement qui avait été pris à priori

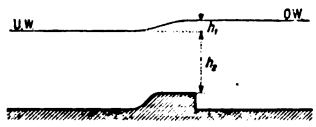


Fig. 2.

de 0,75 s'élève facilement à 0,90 au moment des hautes eaux, de sorte qu'il aurait suffi d'équiper huit ouvertures au lieu de 10. Ce résultat est à retenir lorsqu'il s'agira de construire des barrages mobiles analogues, car il permettra de prévoir des barrages moins larges que ne l'indique le calcul et de réduire, par suite, les frais d'installation.

Les radiocommunications à longue distance (1).

Les distances que l'on peut franchir en radiotélégraphie avaient été, jusqu'à ces derniers temps, limitées surtout par la sensibilité de l'appareil détecteur, et seulement de façon secondaire par l'énergie d'émission. Au début, quand on employait des cohéreurs, la portée de la transmission n'était que de quelques kilomètres. A la suite de la découverte des détecteurs électrolytiques et des détecteurs à galène, la portée a atteint plusieurs centaines de kilomètres. En 1914, la découverte du tube à vide à trois électrodes ouvrit une nouvelle ère en radiotélégraphie, les ondes entretenues offrant les avantages suivants : plus grande sélectivité à la réception, possibilité de diminuer la hauteur des antennes pour un courant donné dans l'antenne, enfin plus de limite à l'accroissement des longueurs d'onde (on sait en effet qu'avec les ondes amorties, on ne peut adopter des longueurs d'onde supérieures à 4000 ou 5000 m à cause du recouvrement des trains d'onde).

Jusqu'en 1914, il n'existait guère de méthode satisfaisante pour la réception des ondes entretenues. La découverte du tube à vide résolut le problème par la méthode des battements ou méthode hétérodyne, en même temps qu'elle permettait une amplification considérable.

Actuellement, il existe trois types de générateurs d'ondes entretenues : l'arc, l'alternateur à haute fréquence et le tube à vide. Les avantages de l'arc sont : un faible prix de revient, la simplicité de manipulation, la commodité des changements de longueur d'onde et la sécurité de fonctionnement. Mais son rendement est faible, il donne naissance à des harmoniques qui gênent considérablement le service des stations fonctionnant sur de courtes longueurs d'ondes (on peut d'ailleurs réduire considérablement ces harmoniques en couplant l'arc par induction avec l'antenne). Enfin l'arc, du fait de son procédé de manipulation, donne généralement lieu à une onde de compensation ou onde de retour qu'il est difficile d'éviter quand on atteint des puissances élevées.

Les alternateurs sont préférables aux arcs : leur rendement est meilleur, l'onde émise est plus pure, on peut les coupler en parallèle pour les puissances élevées. Par contre, ils sont plus coûteux et se prêtent difficilement aux changements de longueur d'onde.

Quant aux tubes à vide, ils ont certaines qualités qui les font préférer aux alternateurs : rendement plus élevé (70 à 90 pour 100), plus grande souplesse au point de vue des longueurs d'onde, prix de revient moins élevé. Par contre, ils sont d'un entretien plus coûteux et ils émettent des harmoniques plus gênants que ceux de l'alternateur. Ils ne sont d'ailleurs utilisés que pour des puissances relativement faibles, 10 kw au maximum. On envisage actuellement, il est vrai, la construction de tubes à vide de 50 kw.

Le point faible du système émetteur est la prise de terre. Pour les stations de faible portée où la puissance rayonnée est considérable, cette question est de peu d'importance, mais il n'en est plus de même pour les stations à longue portée. Par exemple, à Annapolis, la résistance de rayonnement est de 0,07 ohm pour une longueur d'onde de 17 000 m, tandis que les résistances passives s'élèvent à 1,6 ohm, sur lesquelles un peu plus de 1 ohm est perdu dans la prise de terre, de sorte que le rendement de rayonnement n'est que de 4,1 pour 100.

En introduisant des connexions séparées entre l'antenne et le sol, en un certain nombre de points le long de l'antenne, M. Alexanderson diminue la distance que le courant doit traverser dans le sol, piètre conducteur, et réduit ainsi les résistances passives (à la station de New-Brunswick, ces résistances qui étaient de 3 ohms sont tombées à 0,25 ohm). Mais ce système n'est applicable qu'aux antennes longues et étroites ; il réduit, en outre, la hauteur effective, et, puisque chacune des descentes doit être séparément accordée, rend les changements de longueur d'onde compliqués.

M. Meissner a imaginé, dans le même but, un dispositif différent qui n'a été essayé jusqu'ici que sur de petites antennes. Des fils sont enterrés sous l'antenne et répartis de telle façon que la quantité de courant recueillie dans chaque section soit proportionnelle à l'intensité du champ électrique de l'antenne dans la position donnée de la section. Des fils de retour venant de ces sections et supportés par des piquets aboutissent au pied de la descente. De cette façon le courant quitte le sol presque immédiatement après y être entré, et la résistance de terre est réduite au minimum. Les pertes de terre seraient ainsi réduites à environ 0,1 ohm pour les petites antennes essayées. Comme les résistances de terre des grandes antennes sont inférieures à celles des petites, on peut espérer de bons résultats avec les antennes des grandes stations, tout au moins avec celles du type symétrique.

(1) L.-W. Austin. *Journal of the Franklin Institute*, avril 1922, t. cxciii, p. 437-460, 8 200 mots, 9 fig.

Digitized by Google

Mais le grand obstacle des communications radiotélégraphiques réside dans les atmosphériques et de leur élimination dépend le problème des communications à longue distance. Si ces perturbations n'existaient pas, on pourrait communiquer aisément entre l'Europe et l'Amérique avec 2 ou 3 kw seulement. Or, pendant le mois de juillet de l'année dernière, les communications entre deux stations transatlantiques considérées comme étant les meilleures ont été si précaires que 23 pour 100 seulement des mots ont été reçus.

Depuis dix ans, on travaille avec acharnement à la résolution de ce problème. L'auteur, pour sa part, a essayé une centaine de circuits distincts, mais sans grand succès.

Un autre problème intéressant est la détermination de la loi de transmission des ondes électriques entre les stations émettrice et réceptrice. Les observations faites par la Marine américaine en 1909 et 1910 ont conduit à la formule de transmission

$$I_R = 120\,\pi \frac{I_s h_1 h_2}{\lambda d R}\, e^{-\frac{0{,}0015\, d}{\sqrt{\lambda}}},$$

où I_R est le courant dans l'antenne réceptrice, I_s le courant dans l'antenne émettrice, h_1 la hauteur effective de l'antenne d'émission, h_2 celle de l'antenne réceptrice, λ la longueur d'onde de la distance, R la résistance de l'antenne réceptrice et e la base des logarithmes népériens. Les intensités sont données en ampères, les distances en kilomètres, les résistances en ohms.

Le terme exponentiel est empirique et tient compte de l'absorption des ondes en passant sur la surface de la terre, de la perte d'énergie dans l'atmosphère supérieure et des réflexion et réfraction partielles dans les couches atmosphériques supérieures.

Les variations dans l'absorption, la réflexion et la réfraction dans l'atmosphère supérieure, amènent de grandes irrégularités dans l'intensité des signaux reçus. Ces effets sont beaucoup plus marqués avec les courtes longueurs d'onde.

Des milliers de mesures ont été faites par l'auteur à Washington. La moyenne des valeurs observées concorde bien avec les valeurs calculées, de sorte que l'on peut admettre la précision de la formule jusqu'à 6 000 ou 7 000 km. Cependant le voyage du croiseur français « Aldébaran » semble montrer que la formule n'est plus vraie au delà de 4 000 km. L'auteur donne une autre application des faits constatés au cours de ce voyage.

On construit actuellement, dans le monde entier, de grandes stations destinées à relier des points fort éloignés du globe. C'est ainsi que la Federal Radio Telegraph Company de San Francisco projette le montage de deux énormes stations à arc, devant communiquer ensemble, à San Francisco et à Shang-Haï, ce qui représente une distance de 5 300 milles marins (9 800 km) à franchir. Les pylônes de ces nouvelles stations auront 300 m de haut. Les arcs seront de 1 000 kw donnant plus de 600 A dans l'antenne; on emploiera une longueur d'onde comprise entre 20000 et 30 000 m.

La Radio Corporation d'Amérique projette de relier New-York à l'Argentine (4 500 milles). La nouvelle station de Port-Jefferson, Long Island, constituera le point terminus de ce système. Cette station comportera dix alternateurs Alexanderson de 250 kw chacun. Il y aura douze antennes rayonnant de la station centrale comme les rayons d'une roue. Les différentes antennes seront utilisées pour des services différents, mais, au besoin, on pourra les connecter en parallèle, de façon à obtenir une puissance de 2 000 kw et une intensité dans l'antenne de 2 000 à 3 000 A. Le système à prises de terre multiples Alexanderson sera utilisé, ce qui permettra de réduire à 130 m environ la hauteur des pylônes.

En Angleterre, on s'efforce de relier radiotélégraphiquement les diverses parties de l'Empire Britannique. On n'emploiera que des stations de puissance moyenne qui ne seront pas éloignées de plus de 2 000 milles marins, les stations intermédiaires servant de relais. La première station de la Chaîne Impériale se trouve à Leafield, près d'Oxford ; elle communiquera avec la station du Caire. De ce dernier point la chaîne se divisera en deux parties, l'une allant vers l'Afrique du Sud avec une station intermédiaire dans l'Est Africain, l'autre devant atteindre l'Australie en passant par l'Inde et Singapour. Primitivement ces stations devaient recevoir des tubes à vide ; mais, finalement, on a préféré les arcs, et la station de Leafield est munie d'un arc de 300 kw donnant un courant de 250 A environ dans l'antenne.

La France a concentré ses communications à très longue distance dans l'énorme station de Sainte-Assise, près Melun. Elle pourra correspondre avec Saïgon (5 500 milles marins) et Buenos-Aires (5 950 milles). L'antenne est supportée par six pylônes de 250 m. La station transcontinentale comportera deux alternateurs à haute fréquence de 500 kilowatts et deux de 250 kw. La station continentale actuellement en service est munie de quatre alternateurs de 25 kw. Un émetteur à tube à vide de 2 kw assure la liaison Paris-Londres. Le centre de réception est établi à Villecresnes.

En attendant que les stations de Sainte-Assise et de Long Island soient achevées, la station française de Lafayette, près Bordeaux, est actuellement la plus puissante du monde. L'antenne est supportée par huit pylônes de 250 m de hauteur. Un arc Fédéral de 1 000 kw permet d'obtenir environ 600 A dans l'antenne pour une longueur d'onde de 24 000 m.

Vient ensuite Nauen qui comprend deux pylônes de 250 m et deux générateurs de 500 kw (380 A dans l'antenne).

La Hollande a en construction deux stations destinées à relier Java à la Métropole (11 300 km presqu'entièrement au-dessus de la terre). La station hollandaise située près de Amersfoort aura à peu près la même puissance que celle de Nauen. La station de Java édifiée au milieu des montagnes aura une antenne suspendue à travers une gorge de 900 m de hauteur. On aurait pu croire qu'une antenne entourée de montagnes élevées doit assez mal rayonner; or les expériences faites dans ces conditions ont donné des résultats entièrement satisfaisants.

Quel sera l'avenir des communications radiotélégraphiques à longue distance ? Nous avons dit au début que les portées réalisées ont toujours été limitées par les appareils récepteurs, et il n'y a pas de raison pour qu'il en soit autrement dans l'avenir. Actuellement, on a tendance à essayer de résoudre le problème des transmissions par l'emploi de puissances considérables. Mais, quand on considère le prix de revient de ces systèmes d'antennes, de pylônes et de générateurs à haute fréquence, on est obligé de convenir qu'il existe une limite qu'on ne pourra songer à franchir. Pour doubler le courant dans l'antenne, il faut quadrupler la puissance ; on double ainsi le courant dans le téléphone à la station réceptrice, ou en d'autres termes le rapport signal-parasite qui seul importe. Ainsi donc toute amélioration à la réception qui doublera l'intensité du signal par rapport à celle des atmosphériques, produira le même effet que le quadruplement de la puissance de la station émettrice.

G. M.

Digitized by Google

Essais comparatifs de rendement de systèmes domestiques de chauffage et de cuisson (1).

1. Introduction. — Pendant la guerre, le défaut de combustible, en quantité et qualité, a compromis la situation économique de Davos, station thermale. En vue de rechercher le moyen rationnel de chauffage le mieux adapté aux circonstances, la municipalité chargea l'auteur d'entreprendre un certain nombre d'essais comparatifs. Ces expériences furent entreprises sur une échelle assez étendue et durèrent plusieurs années. Comme on le verra plus loin, les procédés les plus modernes furent seuls étudiés. Ces essais ont porté sur la détermination des rendements calorifiques. C'est le compte rendu de ces expériences que nous allons résumer. Ce long travail, très bien ordonné, est accompagné des tableaux de mesures pour toutes les expériences, et illustré de nombreux graphiques ainsi que de photographies d'appareils. A la fin de chaque série d'expériences, l'auteur expose ses conclusions d'où nous dégagerons les enseignements essentiels.

2. Essais d'installation pour la production d'eau chaude. — Ces essais ont porté sur six installations établies dans des hôtels et des sanatorias et possédant le chauffage au coke parallèlement au chauffage électrique. On peut distinguer deux sortes d'installations. Celles où l'eau parcourt un circuit fermé en passant par les conduites et revient au réservoir d'où elle est partie, et celles où il n'y a qu'une colonne montante. Pour rendre toutes les expériences comparables, les conduites de retour (colonnes descendantes) furent fermées. Chaque essai dura une semaine. Les différents jours de la semaine ne sont pas des journées d'égale consommation, ainsi on a constaté partout une consommation moindre le dimanche et une plus grande le lundi. Dans la même journée les pointes de consommation ont lieu le matin et après les repas. Tandis que le chauffage au coke n'a accusé que des rendements de 40 à 60 pour 100 (rapports de la quantité de chaleur cédée à l'eau à la quantité correspondant au pouvoir calorifique du combustible), le chauffage électrique a permis de constater des rendements de 74 à 95 pour 100. En moyenne 1 kg de coke donne le même résultat que 4,3 kw h. Si l'on veut établir le rendement économique, et non plus seulement le rendement calorifique, il faut tenir compte de l'amortissement des appareils et de l'intérêt du capital engagé dans leur achat. Mais un certain nombre d'autres considérations doivent être envisagées. Par exemple, il faut tenir compte des frais occasionnés par le silo à coke, le transport du combustible, l'évacuation des cendres, le salaire du chauffeur. Si ce dernier n'est pas familiarisé avec la marche de ses appareils, le rendement diminue. D'autre part, le chauffage électrique est beaucoup plus souple, il se prête mieux aux augmentations brusques de consommation. Enfin, avec ce dernier, on évite la fumée et tous ses inconvénients. Le chauffage électrique permet, grâce aux accumulateurs calorifiques, d'utiliser l'énergie pendant la nuit.

3. Essais d'appareils de cuisson. — Les opinions les plus diverses ont cours, quant au rendement comparé des appareils électriques de cuisson et des appareils au gaz. Les essais de l'auteur lui ont fait trouver, comme résultat d'application de ces deux systèmes de chauffage, des prix de revient sensiblement égaux.

Il n'est pas possible de comparer le rendement des appareils de divers systèmes, sans définir les conditions d'emploi. Les techniciens du gaz et de l'eau ont établi en 1913, lors de leur assemblée générale, des conditions expérimentales de comparaison dont l'auteur s'est inspiré. On a observé que des appareils de cuisson peuvent avoir un bon rendement théorique et être déplorables pour la cuisine.

C'est ainsi qu'une flamme de gaz intense et ramassée, une plaque électrique chauffante active en son centre seulement, donnent de bons rendements, mais font brûler les aliments.

Il est bon, lorsqu'on fait l'étude d'un appareil, de distinguer deux périodes lors d'une cuisson : l'échauffement jusqu'à température d'ébullition, puis l'ébullition ; ces deux périodes correspondant à des consommations différentes. En effet, pour maintenir l'ébullition, il faut moins d'énergie que pour l'obtenir ; la conséquence est qu'un bon appareil de cuisson doit pouvoir se régler. Si le réglage est imparfait, l'une de ces phases accuse un rendement différent de l'autre.

Dans les appareils électriques, c'est la mise en circuit d'une masse chauffante qui produit l'échauffement. Si l'on interrompt le courant, la masse, faisant office de petit volant de chaleur, continue de chauffer pendant un certain temps, alors que l'arrêt du gaz produit un arrêt presque instantané de la cuisson. Le chauffage au gaz est donc, en général, plus facile à régler, et, en ce qui concerne ce point particulier, plus économique. Dans une série d'essais poursuivis par l'auteur, on a utilisé la chaleur restant dans la masse chauffante, en remplaçant le récipient chauffé par un autre, rempli d'eau froide, devant servir, après échauffement, aux besoins généraux de la cuisine en eau chaude.

Les essais ont concerné des cuiseurs rapides, des anneaux chauffants, des résistances incandescentes, des grils, des marmites à bascule. Pour montrer jusqu'à quel point l'auteur a voulu méticuleusement rendre ses expériences comparatives, nous dirons qu'il installa, dans plusieurs familles, un appareil à gaz à côté du fourneau électrique, et que les mêmes menus — établis pour une période d'alimentation d'une semaine — furent préparés pour le même nombre de personnes par la même cuisinière, huit jours sur le fourneau à gaz et huit jours sur le fourneau électrique. Tous les essais se sont conclus à l'avantage de l'électricité.

Un des points essentiels ayant retenu l'attention de l'auteur est l'isolement de l'appareil contre le rayonnement calorifique. Le rendement augmente si le couvercle est placé sur l'appareil, il croît encore si ce couvercle est à double paroi et il atteint encore une valeur plus élevée si le récipient est bien isolé calorifiquement. Les essais paraissent prouver en dernier lieu que les résistances chauffantes incandescentes, qui ont été à la mode, présentent une grande commodité pour les grillades, mais ont un rendement des plus mauvais, à cause de leurs grandes pertes par rayonnement.

L. C.

(1) J. Rutishauser. *Bulletin de l'Association suisse des Electriciens*, octobre et décembre 1921, t. XII, p. 259-270 et 376-406, 13 250 mots, 27 fig., 20 tab.

Digitized by Google

SECTION ÉCONOMIQUE & FINANCIÈRE

Assemblées générales

Lebon et Cie : Compagnie centrale d'Eclairage par le Gaz.

ASSEMBLÉES GÉNÉRALES ORDINAIRE ET EXTRAORDINAIRE DES ACTIONNAIRES DU JEUDI 30 MARS 1922.

Au cours de l'année la compagnie a acheté la petite usine à gaz de Saint-Valéry-en-Caux et obtenu, en même temps que la concession du gaz, celle de l'eau qui y était liée et celle de l'électricité. Cette acquisition lui a paru intéressante, vu l'extension de ses affaires dans la Seine-Inférieure.

Cet exercice s'est déroulé, comme les précédents, au milieu de difficultés considérables.

Le Conseil d'Etat a continué, dans les différends entre villes et concessionnaires, qui lui étaient soumis, à rendre ses arrêts toujours dans le même sens.

La compagnie a enregistré les arrêts du Conseil d'État rendus dans ses instances contre les villes de Saint-Eugène, Kouba, Blida et Oran.

Il ne faut pas croire qu'ayant obtenu gain de cause, toutes difficultés soient aplanies entre les villes et la compagnie.

Nombreuses sont en effet les villes qui, bien que condamnées par le Conseil d'État depuis longtemps, ne se résolvent pas à vouloir, de manière efficace, arriver à une entente définitive. La compagnie a réussi à conclure des arrangements avec les villes de Granville et Saint-Brieuc.

Dans l'ensemble, même les villes les plus intransigeantes ont consenti des relèvements de prix, variables suivant les prix du charbon, de la main-d'œuvre, des matières premières, du coke et des sous-produits.

Il s'est manifesté une baisse sensible, pendant l'exercice 1921, sur les prix des charbons et des frêts.

Avant la guerre, alors que les prix du gaz étaient fixes, la compagnie aurait profité de cette baisse de prix des charbons. Mais actuellement les échelles mobiles qui le plus souvent déterminent le prix du gaz compensent automatiquement les variations du prix des charbons, et à une diminution de prix du charbon correspond une diminution du prix du gaz.

Le seul avantage que la compagnie en a tiré, c'est que le prix du gaz baissant, la consommation a commencé à augmenter, tout en restant, à cause du prix encore élevé du gaz, très inférieure à celle d'avant-guerre, dans toutes les usines.

Les ventes brutes de gaz et d'électricité de la compagnie ont atteint 64,457 581,96 fr ; elles ont augmenté de 11 336 278,93 fr.

Le produit brut de l'exercice a atteint 14 776 712,66 fr desquels il faut déduire les frais généraux 1 092 367, 72 fr les intérêts et remboursement des obligations. Le reste disponible est de 8 819 144,94 fr.

L'importance de ce chiffre est due à plusieurs raisons : en premier lieu, il provient de la vente des concessions d'électricité d'Espagne, à Valence, Albal, Alfafar, Benetuser, Burjasot, Cabanal, Catarroja, Godella, Grao-de-Valencia, Masanasa, Paiporta, Picana, Sedavi, Torrente. En second lieu, il est dû au commencement de la reprise des ventes de gaz et d'électricité.

Le paiement par certaines villes de leurs dettes est venu contribuer également à augmenter le produit apparent.

C'est sur cet exercice unique que sont reportées des sommes qui auraient dû être encaissées dans les exercices précédents, et venir en déduction des insuffisances considérables accusées par ces exercices pendant lesquels les actionnaires ont été privés de dividendes.

Il ne faut donc pas déduire des résultats du présent exercice une indication certaine pour les bénéfices que la société pourra atteindre dans l'avenir.

Enfin, une dernière cause d'augmentation est le rendement supplémentaire dû à l'augmentation des réseaux électriques, commencé avant guerre et ayant subi un ralentissement inévitable pendant les dernières années.

Sur le solde disponible, de 8 819 144,94 fr, il est attribué à la Caisse des Retraites, créée en 1906 pour le personnel employés et ouvriers de la compagnie, pour treizième allocation, 700 000 fr.

Par suite, il reste 8 119 144,94 fr qui se répartissent :

1° A la gérance : 10 pour 100 sur 1 750 000 fr ; 20 pour 100 sur 6 369 144,94 fr et 200 000 fr de traitement fixe ;

2° Au Conseil de Surveillance et aux divers Comités, 2,5 pour 100 du tout ;

3° Au fonds de prévoyance, 5 pour 100 du tout.

Le reste disponible est de 6 261 380,09 fr auquel s'ajoute le report de 1920, 28 520,90 fr.

Il est attribué un dividende de 30 fr par action payable à partir du 6 avril 1922.

Il est attribué à une réserve spéciale 3 500 000 fr et 1 739 900,99 fr au fonds d'amortissement des actions. Le remboursement d'un dixième du capital nominal de chaque action, soit 50 fr par action, s'effectue en même temps que le paiement du dividende de 1921.

BILAN AU 31 DÉCEMBRE 1921.

Actif.

	fr
Apports :	
Usines et concessions d'éclairage et travaux supplémentaires	178 369 281,78
Immeuble social et propriété de la Compagnie à Paris	1 017 000 »
Caisse : espèces en caisse et en banque	5 086 655,64
Portefeuille et représentation de la réserve :	
Titres et valeurs diverses de la Compagnie	10 449 707,90
Débiteurs divers :	
Comptes divers	32 289 815,34
Comptes courants des usines	21 502 259,32
	248 714 719,98

Digitized by Google

Passif.

	fr
Actions de 500 fr (dont trois-dixièmes, soit 5 250 000 fr, remboursés)	17 500 000 »
Obligations de 500 fr à 4 pour 100 à amortir	34 650 911,63
Obligations de 500 fr à 3 pour 100 à amortir	13 165 008,39
Bons de 500 fr 6 pour 100 à amortir	19 449 770 »
Amortissement et dépréciation de l'actif industriel	85 356 878,64
Réserve statutaire	1 000 000 »
Fonds de prévoyance	14 095,35
Caisse de retraites	3 194 407,31
Amortissements divers dans les usines	18 685 495,28
Dividendes et intérêts restant à payer :	
sur actions	189 374 »
sur obligations	1 048 852,50
sur bons	92 085 »
Obligations à rembourser	1 973 200 »
Créditeurs divers :	
Comptes courants	19 472 715,33
Comptes divers et réserve sur change	24 696 982,43
Fonds spécial d'amortissement des actions	77 278,38
Profits et pertes :	
Produits nets de l'exercice 1921	8 119 144,94
Report du solde créditeur au 31 décembre 1920	28 520,90
Solde créditeur au 31 décembre 1921	8 147 665,84
	248 714 719,98

ASSEMBLÉE GÉNÉRALE EXTRAORDINAIRE DU 30 MARS 1922.

Les actionnaires réunis en assemblée extraordinaire ont voté les résolutions suivantes :

1° L'assemblée générale décide le prélèvement, sur le fonds spécial d'amortissement, d'une somme de 1 750 000 fr, qui sera affectée au remboursement, à titre d'amortissement, de 50 fr sur le capital de chacune des actions de la société, lesquelles, par suite, se trouveront toutes amorties de 200 fr. Ce remboursement sera effectué sur présentation des titres d'actions, en même temps que le paiement du dividende.

2° L'assemblée générale décide la division des actions de la société en cinquièmes et le remplacement de chacune des actions actuelles de 500 fr par cinq actions de 100 fr, dont deux actions de jouissance et trois actions de capital, entièrement libérées ;

3° L'assemblée générale donne tous pouvoirs et autorisations nécessaires à la gérance pour déterminer le délai et les conditions dans lesquels s'effectuera l'échange des nouveaux titres contre les anciens.

4° et 5° L'assemblée générale décide que le capital social, actuellement de 17 500 000 fr et divisé en 175 000 actions de 100 fr, dont 70 000 actions de jouissance et 105 000 actions de capital, est augmenté d'une somme de 3 500 000 fr, au moyen de la transformation en actions de capital de pareille somme figurant au fonds de réserve extraordinaire.

Ces 3 500 000 fr seront représentés par 35 000 actions nouvelles de 100 fr, entièrement libérées, qui sont attribuées et dont les titres nominatifs ou au porteur seront délivrés aux actionnaires, à raison de une action nouvelle de 100 fr pour une action ancienne de 500 fr. Les nouvelles actions seront assimilées aux autres actions et participeront aux bénéfices à partir du 1er janvier 1922, point de départ de l'exercice courant.

La gérance est autorisée à prendre toutes mesures pour assurer l'exécution de la transformation ci-dessus décidée.

6° L'assemblée générale décide que les impôts auxquels pourront donner lieu les répartitions autorisées par les deuxième et cinquième résolutions ci-dessus resteront à la charge des actionnaires et leur seront retenus, pour le dividende au moment de son paiement, et réclamés, pour les actions nouvelles, au moment de leur distribution.

7° L'assemblée générale, en conséquence, notamment, du vote des quatrième et cinquième résolutions qui précèdent, apporte des modifications au texte des articles 1er, 3, 8, 9, 13, 14, 15 et 22 des statuts de la société.

Compagnie générale des Câbles de Lyon.

EXERCICE 1921.

La période de crise industrielle n'a pas trop touché la compagnie, contrairement à ce que paraît démontrer la diminution du chiffre d'affaires ; cette diminution étant due, en grande partie, à la baisse survenue sur les matières premières.

Les résultats bénéficiaires se sont élevés à 842 559,36 fr contre 804 619,41 fr en 1920, c'est-à-dire sensiblement au même chiffre.

Les bénéfices industriels, commerciaux et divers se sont élevés à 1 123 149,36 fr.

Il faut en déduire l'amortissement ordinaire sur immeubles, constructions, l'amortissement sur bâtiments, l'amortissement de 66 obligations 4,5 pour 100, l'amortissement de 250 obligations 6 pour 100, soit au total 280,590 fr.

Le solde de l'exercice s'élève à 842 559,36 fr en y ajoutant le reliquat de 1920, 515 264,28 fr le solde disponible s'élève à 1 357 823,64 fr.

Ce solde se répartit : 42 127,95 fr à la réserve légale, un dividende de 5 pour 100 au capital ancien (3 000 000 fr), 5 pour 100 au capital nouveau (1 750 000 fr), un superdividende de 25 fr à 20 000 actions, 56 293,15 fr au Conseil.

Le report à nouveau est de 521 902,54 fr.

BILAN AU 31 DÉCEMBRE 1921.

Actif.

	fr
Terrains	1 126 991,76
Immeubles et constructions	2 946 053,09
Matériel, outillage et installations diverses	3 292 259,69
Espèces en caisses et en banque	7 513 358,34
Cautionnements	23 880 »
Impôts à récupérer	57 173,51
Débiteurs divers	5 961 980,79
Produits fabriqués	1 387 828,87
Produits en cours de fabrication	1 052 724,84
Matières premières et approvisionnements divers	3 167 512,75
Actionnaires 1920	4 103 625 »
Portefeuille-titres	1 005 100 »
	31 638 468,64

Passif.

	fr
Capital-actions	10 000 000 »
Réserve légale	340 230,95
Réserve pour amortissement	3 357 832,65
Obligations amorties	264 000 »
Obligations en circulation.. 4 1/2 pour 100... 511 000. / 6 pour 100..... 9 875 000.	10 386 000 »
Créditeurs divers, provisions et comptes d'ordre	5 535 949,87
Coupons à payer, obligations à rembourser	195 346 »
Reliquat primes d'émissions	271 285,53
Profits et pertes :	
Reliquat de l'exercice 1920	515 264,28
Bénéfices disponibles de l'exercice 1921	842 559,36
	31 638 468,64

Digitized by Google

SECTION DE LÉGISLATION

L'enregistrement des polices de consommation

Après avoir étudié dans un de ses précédents articles (R. G. E., 21 janvier 1922, t. XI, p. 107-111) la question de l'enregistrement du cahier des charges, qui est obligatoire dans un délai déterminé, l'auteur examine dans les lignes qui suivent les difficultés qui peuvent surgir sur la question des polices, c'est à dire sur les contrats qui n'ont rien d'administratif, mais qui se passent entre le distributeur et ses clients.

Enregistrement des polices. — Lorsqu'une police est signée par le concessionnaire de la distribution, d'une part, et par un consommateur, d'autre part, doit-elle être enregistrée dans un délai déterminé ? La question se présente à cause de la célèbre loi du 29 juin 1918 qui a créé tant d'innovations en matière fiscale : par son article 12, elle a rendu obligatoire, dans le délai de trois mois, l'enregistrement de tout acte synallagmatique ; par son article 13, elle impose de remettre les actes au bureau du domicile de l'une des parties contractantes ; par son article 14, elle impose d'en laisser un exemplaire définitivement entre les mains du receveur ; par son article 15, elle a porté de 0,20 à 1 pour 100 le droit d'enregistrement des actes de société. Aura-t-elle eu sur l'enregistrement des *polices* une action réflexe ?

En principe, il faut répondre négativement si les polices ne contiennent pas autre chose que des stipulations au sujet de la fourniture du courant et au paiement de cette fourniture, sauf ce qui sera dit, ci-après, sur les polices *mixtes*.

En effet, la loi du 29 juin 1918, même en rendant obligatoire, dans le délai de trois mois, l'enregistrement d'une police d'éclairage ou de force, n'a rien modifié à la législation existante, caractérisée notamment par la loi du 11 juin 1859, au point de vue des actes signés au moins par un commerçant ; ils sont dispensés de la formalité (1) tant qu'il n'en est pas fait état ni en justice, ni dans un acte authentique. Il suffira donc que la police soit écrite sur un papier timbré pour éviter une amende au cas où elle tomberait sous les yeux du fisc qui, en tout cas, ne pourra jamais se plaindre d'une absence d'enregistrement.

Mais si un *procès* basé sur cette police devait être engagé, il faudrait la présenter et payer le droit fixe de 6 fr une fois donné (2), le droit proportionnel étant renvoyé à la fin du procès.

Après le jugement, mais seulement si la police est visée dans le jugement, l'Administration peut percevoir, en plus du montant des droits fiscaux sur le montant des condamnations, un droit de titre sur la police ; en effet, la loi du 11 juin 1859 (art. 22) dit que les droits proportionnels seront perçus lorsqu'un jugement portant condamnation, liquidation *ou reconnaissance* interviendra sur les marchés qui jusqu'à ce moment en avaient été dispensés (3).

(1) Il en est ainsi pour tous les actes commerciaux réputés soit louage d'ouvrage dont le tarif est indiqué par l'article 69, paragraphe 3, n° 1, soit vente d'objets mobiliers, dont le tarif est indiqué par le même article 69, mais dans le paragraphe 5, n° 1.

(2) Si cette formalité préalable de présentation au fisc n'était pas effectuée, il y aurait alors le danger de payer plus tard le double droit proportionnel, car l'article 23 de la loi du 11 juin 1859 s'approprie les termes de l'article 57 de la loi du 28 avril 1816 qui punit du double droit tout plaideur coupable d'avoir désigné comme « promesse verbale » une pièce qu'il présente ensuite à un tribunal.

(3) Il convient d'attacher une très grande attention aux questions d'enregistrement avant d'intenter un procès ; pour un litige de petite valeur, on risque souvent de payer des droits fiscaux importants. Pendant longtemps, le fisc agissant avec assez de condescendance n'a perçu les drois de titre que sur la partie qui, dans un acte, servait de base à la condamnation. Il tend, aujourd'hui, toutes les fois qu'il le peut, à considérer que le jugement tout en ne visant dans la condamnation qu'une partie du titre, par exemple, le délai pendant lequel il a encore une durée utile, donne une « reconnaissance » au titre tout entier ; par conséquent, il essaie de faire porter la perception sur le montant total. D'autre part, bien que l'adversaire ait été condamné aux *dépens*, il ne faut pas oublier que ce mot, d'après l'article 130 du Code de Procédure civile, n'englobe que les droits fiscaux afférents aux pièces sur lesquelles le juge a appuyé son dispositif ; une pièce versée aux débats doit être enregistrée à la charge de celui qui serait débiteur de l'enregistrement, d'après la pièce elle-même, et non point à titre de supplément de condamnation (voir Dalloz, *Code de Procédure civile*, art. 130, n° 750). Le dernier arrêt rendu sur cette question est celui du 15 mars 1922 (Chambre civile) dont voici le sommaire : « Les dépens mis, par l'article 130 du Code de Procédure civile, à la charge de la partie qui succombe comprennent nécessairement les droits d'enregistrement qui ont leur cause génératrice dans les dispositions de l'arrêt rendu ; ils ne comprennent pas les droits d'enregistrement dus sur les pièces produites au cours de l'instance ou sur celles dont les énonciations d'une décision de justice a révélé l'existence. Ceux-ci sont à la charge de celui qui est débiteur d'après la loi fiscale ; ils ne peuvent être imposés au perdant qu'à titre de dommages intérêts, et à la condition que le juge constate une faute par lui commise et un préjudice pour son adversaire ». (Cassation d'un arrêt de la Cour de Paris du 15 octobre 1913.)

Digitized by Google

Ces notions sont suffisantes pour comprendre les propos opposés que l'on entend répéter : certains concessionnaires qui ont eu des procès affirment, avec une trop grande rapidité, que les polices entraînent toujours des frais d'enregistrement ; d'autres qui n'ont jamais eu de procès ou les ont gagnés, ou enfin dont les polices n'ont pas été visées dans les décisions intervenues, affirment le contraire avec une témérité identique.

Tarif de l'enregistrement applicable aux polices. — Si le droit proportionnel d'une police est exigible, quel est le tarif qui lui sera applicable ? Cela dépend d'une question préalable ainsi posée : quelle est la nature juridique de ce contrat appelé « police » ? Est-ce une vente d'objets mobiliers ? Peut-on la considérer comme constituant une vente future de kilowatts-heure à produire. Dans ce cas, on appliquera, aux annuités totalisées pendant toute la durée prévue, le tarif de 5 pour 100 sans décime, en vertu de l'article 24 de la loi du 25 juin 1920 qui a majoré l'ancien tarif de l'article 69, paragraphe 5 de la loi du 22 Frimaire an VII (l'ancien tarif était de 2 pour 100 avec décimes en plus).

Considérera-t-on, au contraire, la police comme un engagement que prend le concessionnaire de diriger son industrie de telle façon que pendant tout le temps indiqué au contrat, l'abonné ait à sa disposition un nombre de kilowatts déterminé ? C'est le tarif inchangé de 1,25 pour 100 sur les mêmes annuités cumulées, édicté par la loi de finance an VII (art. 69, § 3, n° 1) ; on comprend dès lors l'importance de la question.

La jurisprudence en matière de courant électrique est assez hésitante ; toutefois, elle tend à considérer la fourniture du courant comme le résultat d'un travail, d'une industrie, plutôt que comme la vente d'une chose.

La dernière décision, celle du Tribunal civil de Paris du 28 novembre 1914 (affaire Compagnie centrale Edison contre Administration de l'Enregistrement, rapportée dans la Revue de l'Enregistrement, art. 6151, avril 1915), a décidé que l'électricité ne peut être considérée que comme le résultat d'un effort appliqué à la matière, sans tradition d'une chose corporelle. Déjà le Tribunal de Gex, pour la fourniture d'une force motrice donnée au moyen d'une chute d'eau et de turbines qui transmettaient le mouvement aux engins de l'usine du preneur avait statué dans le même sens le 25 février 1874. Nous savons que l'Administration ne s'est jamais pourvue contre la décision à Gex ; nous ignorons si elle ne s'est point pourvue contre la décision du Tribunal de la Seine.

Police mixte. — Certaines polices ont été faites autrefois non seulement pour prévoir des fournitures de courant, mais encore pour constater la mise en location d'appareils d'utilisation pour la lumière ou la force motrice : moteur, lustre, appareillage. Sur ce point, depuis la loi du 29 juin 1918, il faut s'abstenir de cet usage, car la *location* d'un objet mobilier n'est jamais un acte de commerce ; elle est prévue, en effet, par l'article 69 de la loi de frimaire an VII, paragraphe 3, n° 2 et elle n'est pas exemptée par la loi du 11 juin 1859, même quand elle intervient entre deux commerçants ; il faudra donc rédiger deux polices : l'une contenant le bail des objets, à faire enregistrer dans les trois mois au droit de 0,65 pour 100 pour les annuités cumulées sans fractionnement triennal ; l'autre pour la fourniture de courant dont l'enregistrement n'est pas obligatoire ; sans cette précaution, on risquerait fort de payer le droit proportionnel, non seulement sur le montant total du bail des appareils, mais encore sur toutes les annuités pour la fourniture de courant, un enregistrement étant toujours fait sur la totalité des stipulations et n'étant jamais partiel.

Mais il se présente encore une difficulté : dans les polices de fourniture, on est souvent amené à employer le terme de « location » pour désigner des choses qui ne sont pas louées réellement. Le style courant nous pousse souvent à écrire : redevance de *N* francs pour *location* d'un branchement, d'une colonne montante, d'un compteur, alors que cependant lesdits objets ne sont pas abandonnés à la libre disposition de l'abonné, mais servent au concessionnaire comme un organe nécessaire à la transmission du courant et à l'enregistrement de la consommation.

La Direction générale de l'Enregistrement, du Timbre et des Domaines a écrit le 22 février 1919 au président de l'Union des Syndicats de l'Electricité une lettre reconnaissant que tout ce qui serait stipulé à titre de redevance pour usage du branchement, colonne montante et compteur ne rentrerait pas dans la sphère de la loi du 29 juin 1918, mais serait considéré comme l'accessoire d'une stipulation commerciale exempte de la formalité dans un délai fixe. La Direction, tout en se conformant aux idées les plus juridiques, donne ainsi tous apaisements aux distributeurs, en soulignant toutefois à leur attention qu'ils doivent s'abstenir d'inscrire sur la police de fourniture, des mentions relatives à des locations d'appareils et même des locations pour canalisations établies sur des voies privées.

En résumé, on peut donner le conseil suivant :

1° Ne jamais faire de police non timbrée ;

2° Ne pas réunir, sur une même police, une location d'appareils et une fourniture de courant ;

3° Ne pas se préoccuper, au point de vue de l'enregistrement, tant qu'il n'y a pas de litige, des polices de fourniture alors même qu'on y aurait employé les termes de « location de branchement, de courant, de compteur. »

Paul Bougault,
Avocat à la Cour d'Appel de Lyon

Digitized by Google

REVUE GÉNÉRALE DE L'ÉLECTRICITÉ

Organe de l'Union des Syndicats de l'Électricité

réunissant

LA REVUE ÉLECTRIQUE 1904-1916 — LA LUMIÈRE ÉLECTRIQUE 1879-1916

DIRECTEUR : J. BLONDIN, Agrégé de l'Université.

6e ANNÉE. — TOME XII. — N° 3. — 22 JUILLET 1922.

Chronique. — Société française des Electriciens. — Bibliographies : Calcolo delle condutture trifasi per la transmissione dell' energia e misure relative con numerose applicaiozioni numériricli, par Emanuele RAIMONDI; Traité de nomographie, par Maurice D'OCAGNE; L'industrie électrique, par Charles-Proteus STEINMETZ; La loi de Newton est la loi unique, théorie mécanique de l'Univers, par Max FRANCK; Electrical Engineering Testing (Essais électriques), par G.-D. ASPINALL-PARR, p. 81-84.

Section scientifique et technique. — Calcul graphique du degré d'irrégularité d'une machine, par G. LAVILLE, p. 85. — Revues, analyses et informations : Sur la polarité de l'arc électrique, p. 91; Sur une propriété curieuse d'un montage spécial des machines électriques excitées en série, p 92.

Section industrielle. — La grande centrale thermoélectrique de Comines (Nord) (*Suite et fin*), par J. REYVAL, p. 93. — Sur les méthodes d'essai de dureté des corps, par Georges MOREAU, p. 106. — Revues, analyses et informations : Les commutatrices considérées du point de vue spécial de l'électrification des chemins de fer, p. 111.

Section de législation. — Le renforcement de la législation française concernant la répression des fausses indications d'origine depuis 1914, par FERNAND-JACQ, p. 113. — Législation, jurisprudence, réglementation : Projet de loi relatif à la création d'une station marémotrice d'essai à l'Aber Vrac'h (Finistère), p. 118; Sur la contribution sur les bénéfices de guerre et les amortissements, p. 120; Sur la contribution sur les bénéfices de guerre, p. 120,

Société française des Electriciens : Séance du 5 juillet 1922. — La séance fut consacrée à deux importantes communications concernant la traction électrique. La première, présentée par M. DUTILH, avait pour titre « Les transmissions électriques dans les engins de guerre » (tanks, locomotives pétroléo-électriques).

La nécessité de cacher à l'ennemi, autant que possible, les voies ferrées de ravitaillement du front, nous avait contraints, dès le début de la guerre, à abandonner les locomotives à vapeur qui révélaient leur présence aux observateurs et, en particulier, aux avions ennemis par leurs panaches de fumée. On eut tout de suite l'idée de les remplacer, tant pour la voie normale que pour la voie de 0,60 m, par des locomotives à essence; mais ces machines, à commande purement mécanique, nécessitent des changements de vitesses et des embrayages qui n'assurent pas toujours la souplesse de fonctionnement et la facilité de manœuvre désirables. La transmission électrique donna la solution cherchée du problème et permit d'obtenir des efforts de démarrage et des à-coups qu'un moteur à explosion à transmission mécanique n'aurait pu supporter sans caler. La maison Crochat fut une des premières à réaliser des systèmes de locomotives pétroléo-électriques donnant toute satisfaction. Saint-Chamond et Schneider la suivirent dans cette voie (*R. G. E.*, 31 décembre 1921, t. x, p. 957).

La transmission Crochat comprenait au début un moteur à essence entraînant une génératrice compound qui alimentait les moteurs de traction. L'enroulement série de la dynamo génératrice était shunté par un rhéostat qui permettait d'obtenir les variations de tension nécessaires au réglage de la vitesse du véhicule; outre cette variation de tension, on pouvait encore agir sur la vitesse de rotation du moteur à explosion. Les premières locomotives construites pour voie de 60 cm, pesaient 14 t et pouvaient remorquer 85 t à 15 km : h. Des locomotives pour voie normale de 22 t, 120 ch, pouvant remorquer 220 t à 15 km : h suivirent bientôt. Enfin, au moment de l'armistice, Saint-Chamond venait de sortir des locomotives Crochat à boggies d'une puissance de 240 ch, à deux moteurs, entraînant chacun une génératrice compound. Pour permettre la mise en parallèle des deux génératrices, leurs enroulements série étaient montés en parallèle; de plus, une tuyauterie secondaire faisait communiquer entre elles les admissions des deux moteurs de façon à faciliter une égale répartition des charges. Les Etablissements Schneider exécutèrent également des locomotives de 200 à 300 ch à excitation séparée, le réglage de la vitesse de la locomotive se faisant en agissant sur le champ de l'excitatrice de la génératrice.

Mais les applications les plus importantes de la transmission électrique furent faites sur les chars d'assaut et les tracteurs à chenilles de l'artillerie lourde. Les premiers tanks anglais étaient à transmission purement mécanique et très rudimentaire; les virages étaient obtenus, normalement, à l'aide de deux roues placées à l'arrière du tank; les virages à angle droit ne pouvaient être exécutés qu'en bloquant le différentiel et en débrayant une des chenilles. La transmission électrique des chars d'assaut français donna une souplesse de manœuvre beaucoup plus grande, car le virage se réalisait en faisant varier la vitesse de l'une des chenilles. Les moteurs d'entraînement des chenilles étaient du type série avec cette particularité que l'excitation de chaque moteur était divisée en deux parties, l'une uniquement en série avec l'induit du moteur, l'autre en série sur le circuit total des deux moteurs montés en parallèle. L'accélération de l'un des moteurs par rapport à l'autre s'obtenait en court-circuitant son excitation particulière; pour un virage plus brusque, on court-circuitait un moteur sur son excitation particulière et, enfin, le virage sur place s'effectuait en court-circuitant

Digitized by Google

l'induit du moteur sur lui-même. Sur certains chars, on réalisa la variation de vitesse en employant des génératrices à deux induits et deux inducteurs qu'on montait soit en parallèle, soit en série et, pour freiner, on renversait le couplage des induits des moteurs qui débitaient en génératrice sur la génératrice accouplée au moteur à explosion. L'éclairage des chars et le démarrage du moteur à essence étaient assurés par une batterie de 24 v rechargée par la génératrice par l'intermédiaire d'une résistance. Les chars de Saint-Chamond ont atteint un poids de 16 t; ils étaient armés d'une pièce de 75 approvisionnée pour 106 coups et de quatre mitrailleuses; leur vitesse normale était de 8 km : h et leur vitesse maximum, de 12 km : h. La puissance du moteur à essence était de 90 ch ; la transmission électrique permettait d'obtenir un effort de traction qui pouvait atteindre, à certains moments, 16 t, soit le poids du char. En cas de panne du moteur à essence, un câble volant permettait d'alimenter le char avarié par un autre char.

M. le colonel Rimailho a utilisé la transmission électrique pour créer un nouveau type d'artillerie lourde à chenilles. Chaque pièce se composait de deux voitures à chenilles : un avant-train portant le moteur à essence et la génératrice électrique et un arrière-train portant le canon.

L'avant-train servait au transport des munitions et du personnel, l'arrière-train était automoteur ; les moteurs de ses chenilles étaient alimentés, au moyen d'un câble souple, par le courant produit par la génératrice de l'avant-train ; un enrouleur automatique empêchait le câble de traîner à terre. Chaque voiture possédait son système de commande propre. On pouvait, si on le désirait, accoupler mécaniquement l'avant-train et la voiture canon. En mauvais terrain, et sur les rampes très fortes, l'avant-train montait le premier et fournissait ensuite à la voiture canon l'énergie nécessaire pour gravir la rampe à son tour. Ce système a permis de ne pas équiper l'avant-train avec des moteurs à essence et des génératrices de trop fortes puissances ; les moteurs employés avaient une puissance de 120 ch. Le canon ne possédait pas de système de pointage en direction autre que le déplacement de la plate-forme par les chenilles. Toutefois, un système d'engrenages permettait de parfaire, à la main, le réglage du pointage en direction. Le poids de chaque véhicule complet était de 28 t. Un grand nombre de pièces longues de 194 mm Pillon ont été, en particulier, montées sur chenilles. On obtint ainsi un matériel d'artillerie lourde, très mobile, qui a rendu de très grands services.

De nombreux tracteurs à chenilles ont été également employés par l'artillerie pour remorquer les pièces lourdes en mauvais terrain.

Malgré la rapidité des études et de la construction, on est parvenu à établir, de suite, un matériel à chenilles à transmission électrique donnant entièrement satisfaction. Les quelques déboires éprouvés au début ont été dus au système primitif de chenilles qui était un peu compliqué au point de vue mécanique, mais on y remédia très vite.

M. Dutilh termina sa très intéressante communication en signalant que la transmission pétroléo-électrique est tout indiquée pour des camions lourds spéciaux et pour les automotrices à essence tant sur les chemins de fer que sur les tramways.

La parole fut ensuite donnée à M. Iglésis pour la seconde communication « Autobus électriques » à trolleys, dits « trolleybus ».

Le tramway est le moyen de transport le plus économique au point de vue exploitation à la condition que le trafic soit suffisamment intense pour couvrir les frais de premier établissement de la voie, frais qui sont très élevés. Dans le cas d'un trafic réduit, l'autobus est plus avantageux que le tramway. Un nouveau moyen de transport joue le rôle d'intermédiaire entre le tramway et l'autobus, c'est l'omnibus électrique à trolley, dit « trolleybus ».

M. Iglésis établit, avec chiffres à l'appui, les conditions pour lesquelles l'emploi du trolleybus est avantageux. Ces conditions dépendent du prix du kilowatt-heure et du prix du litre de combustible. Toutefois, dans les conditions actuelles, on peut dire que le trolleybus est plus avantageux que le tramway et que l'autobus quand la fréquence des départs est comprise entre huit minutes et deux heures, Lorsque les départs ont lieu à moins de huit minutes d'intervalle, le tramway est plus économique que l'autobus électrique, la consommation spécifique du premier étant de 60 w-h par tonne kilomètre, tandis que celle du second est de 125 w-h par tonne kilomètre.

Cela est dû à ce que la résistance au roulement est de 7,5 kg par tonne environ pour un tramway et qu'elle atteint 30 kg par tonne pour un véhicule roulant sur route.

Quand les départs sont espacés de plus de deux heures, l'autobus thermique reprend l'avantage sur l'autobus électrique à trolley.

En principe, un trolleybus est établi comme un autobus ; les deux roues arrière sont motrices ; les deux roues avant, directrices. Il peut y avoir un ou deux moteurs électriques. Dans le cas d'un trafic urbain à démarrages fréquents et quand le prix du kilowatt-heure est élevé, il semble préférable d'employer deux moteurs avec le contrôle série-parallèle. Pour un trafic interurbain et avec un prix du kilowatt-heure faible, un seul moteur suffit, car la voiture y gagne en simplicité. Les moteurs sont du type série, comme tous les moteurs de traction ; le shuntage des inducteurs jusqu'à 50 pour 100 est souvent employé. Pour un autobus électrique de 35 places, pesant 6 tonnes, la puissance du moteur est d'environ 40 ch. Le controller est analogue à un controller de tramway ; il peut être à commande à main ou au pied. La première commande est toute indiquée pour un service interurbain et la seconde, pour un service urbain.

M. Iglésis fit ensuite une description des différents systèmes de prise de courant utilisés par les autobus électriques. Il rappela, à cette occasion, la prise de courant des « électrobus » Lombard-Gérin ; cette prise était constituée par un chariot automoteur roulant sur les deux fils de prise de courant au moyen de poulies. Le moteur du chariot était du type asynchrone alimenté par du courant triphasé pris sur trois bagues placées à cet effet sur le moteur de traction ; de cette façon, le chariot automoteur courait sur la ligne devant l'omnibus et sa vitesse était sensiblement synchrone de celle du véhicule. Un autobus de ce genre a fonctionné jusqu'en 1913 entre la gare de Fontainebleau et Sannois-sur-Seine. Le poids très élevé du chariot (18 kg) a fait abandonner ce système, d'ailleurs très ingénieux.

Après avoir rappelé un certain nombre d'autres modèles de prises de courant, M. Iglésis conclut en disant que les systèmes à double perche sont ceux qui donnent les meilleurs résultats et il fit, en particulier, la description des prises à perche système « railless », dont les bases sont pourvues d'un dispositif empêchant les déraillements des roulettes.

Le conférencier passa ensuite en revue les installations de trolleybus actuellement en exploitation en Angleterre, aux Etats-Unis, en Italie, en Chine. En France, où le système est né, les applications sont rares ; cependant les départements de la Savoie et du Gard vont établir des lignes d'omnibus électriques à trolley.

Digitized by Google

M. Iglésis termina sa fort intéressante communication en montrant que le trolleybus pourra, dans beaucoup de cas, remplacer les lignes de tramways et rendre rémunératrices des entreprises dont l'exploitation est déficitaire.

M. Péridier prit la parole à la suite de la communication de M. Iglésis pour exposer les essais d'omnibus électriques à trolley faite par la Compagnie des Transports en commun de la Région parisienne, entre Enghien et Montmorency. A son avis, les lignes de trolleybus ne doivent être considérées, tout au moins pour la région parisienne, que comme le prolongement des lignes de tramways sur lesquelles elles doivent rabattre les voyageurs ; leurs installations seront provisoires, de façon que le trolleybus puisse céder la place au tramway dès que le trafic deviendra assez intense. D'autre part, l'emploi du carburant national et l'utilisation sur les autobus de moteurs Diesel ou semi-Diesel rendront ceux-ci beaucoup plus avantageux qu'ils ne le sont actuellement ; le champ d'action du trolleybus en sera diminué dans de fortes proportions, à moins que le prix du courant ne subisse une baisse sensible. M. Péridier conclut qu'il faut, dans chaque cas, étudier de très près lequel des trois véhicules, tramways, omnibus électrique à trolley, ou autobus, est le plus avantageux, et qu'il est impossible d'énoncer une règle générale permettant d'accorder la préférence à l'un des systèmes.

Signalons, pour terminer, que les communications furent illustrées par de nombreuses projections fixes et cinématographiques. — H. C.

Bibliographie : Calcolo delle condutture trifasi per la transmissione dell' energia e misure relative con numerose applicazioni numeriche. (Calcul des lignes triphasées pour la transmission de l'énergie et mesures relatives avec de nombreuses applications numériques), par l'ingénieur Emmanuele Raimondi, (1). — L'ouvrage comprend trois parties : la première qui sert en quelque sorte d'introduction aux deux autres a pour but de définir les notations et les symboles adoptés, et de rappeler quelques propriétés fondamentales des courants alternatifs.

La deuxième partie donne la méthode de calcul d'une ligne triphasée, abstraction faite de sa capacité et de sa dispersion, c'est-à-dire d'une ligne de faible longueur soumise à une tension peu élevée.

Enfin la troisième partie traite des méthodes générales, c'est-à-dire de celles dans lesquelles il est tenu compte à la fois des quatre caractéristiques d'une ligne : résistance, inductance, capacité, dispersion.

Cette troisième partie est elle-même divisée en deux autres consacrées respectivement aux méthodes exactes et aux méthodes approximatives.

Ces dernières suffisent dans la pratique; mais les premières présentent ce double intérêt qu'elles sont pour ainsi dire le point de départ des autres et qu'elles donnent une idée exacte des phénomènes qui interviennent dans la transmission de l'énergie. L'auteur ne préconise d'ailleurs qu'une seule méthode exacte, qui est celle due à M. Blondel.

Les méthodes approximatives, d'un emploi plus commode, sont nombreuses et, indépendamment de celles qui existent déjà, on peut encore en imaginer d'autres, mais elles peuvent toutes être classées en deux groupes.

Au premier, appartiennent les méthodes fondées sur cette hypothèse que la capacité et la dispersion, au lieu d'être uniformément distribuées le long de la ligne, sont concentrées en un nombre fini de points. L'auteur expose ainsi les méthodes américaines dites du T nominal et du Π nominal, ainsi nommées à cause de la forme de leur schéma.

Les méthodes du deuxième groupe consistent à apporter des simplifications aux méthodes exactes, en développant par exemple en séries, dont on prend un certain nombre de termes, les expressions de la tension et du courant. C'est ainsi que l'on trouve successivement dans l'ouvrage la méthode approchée de MM. Blondel et Le Roy et deux méthodes avec notations symboliques : méthode américaine et méthode Del Buono.

L'auteur donne d'ailleurs la préférence aux méthodes du deuxième groupe, car, si les unes et les autres permettent de pousser aussi loin qu'on veut l'approximation, on peut avec les dernières évaluer facilement l'ordre de grandeur de l'erreur commise en prenant dans les séries un plus ou moins grand nombre de termes. — P. B.

Bibliographie : Traité de nomographie. *Etude générale de la représentation graphique cotée des équations à un nombre quelconque de variables. Applications pratiques*, par Maurice d'Ocagne, Inspecteur général des Ponts et Chaussées, professeur à l'Ecole polytechnique (1). — Chacun connaît la part considérable qu'a prise l'auteur dans le développement de la Nomographie ou science de la représentation graphique cotée des équations. Le présent traité provient d'une refonte de tous les travaux antérieurs de cet auteur et dont la liste complète comprenait, en 1920, 61 numéros, refonte guidée par la longue expérience d'un enseignement oral, souvent renouvelé, depuis 30 ans, non seulement dans ses cours normaux de l'Ecole Polytechnique et de l'Ecole des Ponts et Chaussées, mais encore dans un cours libre de la Sorbonne et, dans plusieurs séries de Conférences remarquables.

L'ouvrage est un exposé de grande ampleur, dépassant, par conséquent, les strictes besoins du lecteur soucieux des applications les plus simples et les plus courantes ; de tels besoins se trouvent, d'ailleurs, largement satisfaits par la façon très détaillée dont sont traitées les applications de ce genre, puisées dans la pratique des diverses techniques où intervient le calcul : construction, hydraulique, géodésie, navigation, artillerie, aviation, opérations financières, etc.

Trois applications de plus grande ampleur sont traitées à part, pour mettre en relief toutes les ressources que peut fournir la méthode des points alignés ; elles concernent respectivement la cubature des terrasses, la résolution générale des triangles sphériques, enfin la préparation du tir de l'artillerie, tel qu'elle a été effectivement pratiquée au cours de la dernière guerre.

Le premier chapitre, traite de la représentation graphique dans le cas de deux variables. Les chapitres II et III traitent de la représentation par lignes concourantes dans le cas de trois variables et de plus de trois variables ; ils donnent la théorie générale des abaques cartésiens ordinaires et des abaques hexagonaux qui ne sont, en somme, qu'une variante des précédents ; on y trouve naturellement développée la théorie si féconde de l'anamorphose.

Les chapitres IV et V sont consacrés au développement de la théorie de la représentation par points alignés, respectivement dans le cas de trois et de plus de trois variables.

Enfin, le chapitre VI intitulé « représentation au moyen d'éléments mobiles » traite des index mobiles divers, des

(1) Un volume, format 24 cm × 17 cm, 250 pages, 50 figures, édité par la Librairie Ulrico Hoepli, Milan. Prix : 20 lires.

(1) Un volume, format, 25 cm × 16 cm, XXIV-484 pages, 182 figures, 1 planche ; deuxième édition complètement refondue avec de nombreux compléments ; Gauthier-Villars et Cie, Paris, 1921. Prix : 50 fr.

Digitized by Google

systèmes cotés mobiles et de la théorie morphologique générale des nomogrammes.

D'importantes notices bibliographiques permettent de se reporter aux nombreux travaux originaux, soit de l'auteur lui-même, soit de tous ceux qui ont participé aux développements théoriques et aux applications pratiques de la représentation graphique cotée. — Lv.

Bibliographie : L'industrie électrique, par Charles Proteus Steinmetz; traduit de l'anglais, par Benjamin Giraud, ingénieur E. S. E. (1). — En écrivant ce livre, l'auteur s'est proposé d'indiquer, dans ses grandes lignes, l'état actuel de la production, du contrôle, de la transmission, de la distribution et de l'utilisation de l'énergie électrique, c'est-à-dire de l'exploitation des systèmes électriques et des appareils d'utilisation dans les conditions normales et anormales, et de l'étude de ces systèmes. On n'y trouvera donc que des idées générales, d'ailleurs suffisantes pour l'ingénieur qui saura quelles modifications il convient d'y apporter pour les adapter à certains cas particuliers. De même, les appareils employés ne sont pas l'objet d'une description détaillée, mais ils sont surtout analysés au point de vue de leur mode de fonctionnement et du rôle exact qu'ils sont appelés à jouer dans l'ensemble de l'installation, ou encore, on établit un parallèle entre deux appareils destinés à une même application. Nous pensons donc que l'ouvrage de M. Steinmetz fournira des directives intéressantes aux élèves qui ont à établir un projet quelconque. La traduction est d'ailleurs excellente et la forme serait parfaite si on rencontrait moins souvent les termes voltage, self, distribution de force. — B. C.

Bibliographie : La loi de Newton est la loi unique. Théorie mécanique de l'Univers, par Max Franck, ancien élève de l'Ecole Polytechnique (2). — Les idées émises dans cet opuscule sont tout à fait personnelles à l'auteur. D'après lui, l'espace n'est composé que de deux éléments; l'un, auquel il donne le nom de positif, est l'élément agissant, il est la force, il est immobile et indivisible. S'il était seul à occuper l'espace, aucune manifestation ne serait possible; c'est pourquoi la présence d'un élément passif est indispensable; c'est celui que l'auteur désigne sous le nom de négatif, parce qu'il est tout simplement la négation du premier et que sa seule propriété est d'être sans force, d'être inerte et de subir l'action du premier sans réagir. Après quelques autres explications, il énonce la loi du potentiel qui est capable de tout expliquer, à savoir : tout volume est composé d'une somme de positif qui est son potentiel et de négatif qui est sa masse. Tout volume exerce sur l'espace une poussée radiante proportionnelle à son potentiel; cette force est instantanée jusqu'à l'infini et ne connaît pas d'obstacle. Son effet sur l'unité de volume est inversement proportionnel au carré de la distance qui sépare les centres de gravité, la force étant dirigée suivant la ligne droite qui les joint. Cette hypothèse admise à priori est vérifiée par tous les faits constatés, c'est-à-dire par l'ensemble des phénomènes physiques connus : propriétés des fluides, loi de Mariotte, dilatation, formation d'un astre, réfraction, rayons X, radioactivité, etc.

Ensuite, M. Franck formule la proposition qui fait l'objet de la deuxième partie : toute variation de potentiel dans l'espace, cause d'un phénomène, provient directement ou indirectement d'une variation du milieu éthéré dans lequel le monde matériel ou électro-atomique est plongé. Ces variations de potentiel dans l'éther sont elles-mêmes déterminées directement ou indirectement par l'esprit. L'auteur explique sa pensée dans six chapitres qui ont pour titre : L'âme et l'esprit, Milieux animés et inanimés, Mécanisme vital, Action de l'esprit sur la matière, Action de la matière sur l'esprit, Action de l'esprit sur l'esprit, Transmission de la pensée, L'âme est immortelle et il conclut par ces mots : Tout vient de l'éther rayonné par l'esprit. — B. C.

Bibliographie : Electrical Engineering Testing (Essais électriques), par G.-D. Aspinall-Parr, 4e édition revue et augmentée (1). — Dans l'intention de l'auteur, ce livre a été conçu de façon à constituer un cours complet d'essais électriques à l'usage des ingénieurs en activité aussi bien que des élèves des instituts électrotechniques. Son originalité réside dans le fait que chaque sujet d'essai est présenté sous forme de monographie séparée, absolument indépendante, mais rédigée conformément à un plan uniforme, répondant au programme suivant : une introduction dans laquelle sont exposés le but et les conditions de la manipulation avec un rappel de la théorie et des formules qu'elle comporte; une nomenclature des appareils; un guide opératoire consistant en un schéma qui illustre le montage des appareils et en conseils sur la façon de conduire l'expérience; un procès-verbal des essais où l'auteur montre comment il faut opérer le collationnement des résultats, soit sous forme de tableaux, soit sous forme de courbes; enfin, une conclusion dans laquelle l'opérateur consignera les observations qu'il aura eu l'occasion de faire au cours de son travail et les déductions qui découlent des résultats obtenus.

L'ouvrage entier comprend 160 sujets d'essais dont on peut dire qu'ils touchent à toutes les branches de l'électrotechnique, en sorte que l'électricien dispose d'une documentation suffisante pour lui permettre de résoudre tous les cas particuliers qui pourront se présenter. L'auteur termine son ouvrage par un appendice assez étendu (165 pages) dans lequel il traite un certain nombre de questions qui sont également du ressort de l'ingénieur-électricien, mais dont l'incorporation dans le texte aurait inutilement surchargé la rédaction principale. On y trouvera, par exemple, la démonstration d'un certain nombre des formules rappelées dans le cours de l'ouvrage et, à ce sujet, il recommande aux élèves de rechercher d'abord, eux-mêmes, cette démonstration à titre d'exercice, et de ne recourir à la solution indiquée qu'après avoir épuisé tous leurs propres moyens. Parmi les appareils décrits, citons les potentiomètres, les voltmètres multicellulaires, le planimètre d'Amsler, les freins et les dynamomètres d'absorption (avec la manière de s'en servir.

Nous sommes convaincus que ce livre rendra de réels services à ceux qui s'intéressent aux essais électriques et nous n'hésitons pas à en conseiller l'usage aux ingénieurs et aux étudiants. — B. C.

(1) 1 volume, format 25 × 16 cm, 195 pages, avec 50 figures dans le texte, édité par Gauthier-Villars et Cie, 55, quai des Grands-Augustins, Paris (VIe). Prix : broché, 18 fr.

(2) 1 volume, format 25 cm × 16 cm, 158 pages, édité par Gauthier-Villars et Cie, 55, quai des Grands-Augustins, Paris (VIe). Prix : broché, 12,50 fr.

(1) 1 volume, 22 cm × 14 cm, 691 pages, avec 296 figures dans le texte et 32 tableaux, édité par Chapman et Hall, 11, Henrietta Street, Covent Garden, London, W C, 2. Prix : relié toile, 16 sh.

Digitized by Google

SECTION SCIENTIFIQUE & TECHNIQUE

Calcul graphique du degré d'irrégularité d'une machine

La méthode nouvelle suivante, complètement graphique, permet de déterminer rigoureusement le moment d'inertie d'un volant de machine en fonction du degré d'irrégularité. Elle utilise simplement le théorème des forces vives et permet de représenter en fonction de l'angle de rotation de la manivelle, la variation de vitesse et l'angle d'avance à chaque instant. Sa simplicité et sa précision l'ont déjà fait employer avec succès dans l'industrie.

La méthode que je présente a pour but de résoudre par des tracés graphiques simples et rapides les deux problèmes inverses suivants :

1° Connaissant les diagrammes des travaux moteurs et des travaux résistants, les dimensions de la machine (bielles, pistons, tiges), la vitesse moyenne en état de régime, et le degré d'irrégularité imposé, calculer le moment d'inertie du volant;

2° Inversement, connaissant le volant, déterminer le degré d'irrégularité.

Elle a l'avantage de traiter le problème sans introduire d'hypothèse approximative, comme le fait la méthode de Coriolis. Elle permet de connaître facilement l'avance de la manivelle réelle sur une manivelle fictive qui tournerait d'un mouvement uniforme avec la vitesse moyenne imposée.

Elle permet, enfin, d'établir pour un type de machine déterminé une formule (ou plusieurs formules) reliant le moment d'inertie du volant à la vitesse moyenne et au degré d'irrégularité.

La précision qu'on peut en attendre paraît être au moins de l'ordre du centième.

Nous raisonnerons, dans ce qui va suivre, sur une machine à vapeur à une manivelle et à double effet.

Soit $\mathfrak{T}$ le travail effectué par l'ensemble des forces motrices et résistantes entre le commencement d'une période ($t = 0$) et l'instant t; V, la force vive à l'instant t; V_0, la force vive au temps 0.

La machine est supposée fonctionner en régime normal. Prenons pour paramètre l'angle θ que fait la manivelle avec le diamètre des points morts.

L'équation des forces vives s'écrit

$$\mathfrak{T} = V - V_0. \qquad (1)$$

La force vive, fonction quadratique de $\frac{d\theta}{dt}$ peut se mettre sous la forme

$$V = \mathfrak{M}\frac{u^2}{2},$$

u désignant la vitesse du bouton de la manivelle, quantité proportionnelle à $\frac{d\theta}{dt}$. $\mathfrak{M}$ est une fonction de θ ayant la dimension d'une masse (masse réduite, masse instantanée).

Les diagrammes permettant de connaître $\mathfrak{T}$, si l'on peut calculer $\mathfrak{M}$ à chaque instant, on obtiendra $\frac{u^2}{2}$.

Construction de $\mathfrak{M}$. — La masse réduite totale se compose de deux parties $\mathfrak{M}_1$ et $\mathfrak{M}_2$.

$\mathfrak{M}_1$ est constante. C'est la masse réduite du volant et des manivelles. Si $\mathfrak{J}$ désigne le moment d'inertie de cet ensemble, par rapport à l'arbre, et si r désigne le rayon de la manivelle

$$\mathfrak{M}_1 = \frac{\mathfrak{J}}{r^2}.$$

$\mathfrak{M}_2$ est une fonction périodique de θ de période 2π. C'est la masse réduite de l'ensemble des pièces ayant un mouvement complexe (bielle, piston, tiges, pompes de condenseur, etc.). La méthode de Coriolis la suppose négligeable vis-à-vis de $\mathfrak{M}_1$.

Pour calculer $\mathfrak{M}_2$ certains auteurs décomposent la bielle en plusieurs masses, les unes animées d'un mouvement de translation, comme le piston, les autres animées d'un mouvement de rotation, comme le volant.

Pour chaque valeur de θ, il faut effectuer deux calculs et ajouter les résultats obtenus.

Au contraire, dans la méthode que j'expose, nous rattacherons le piston, les tiges et toutes les masses animées d'un mouvement de translation, au pied de la bielle. Autrement dit nous ne considérerons plus qu'une bielle fictive dont la masse M est la somme de celle de la bielle réelle M_B et de celle des masses animées d'un mouvement de translation M_t. Nous déterminerons la position du centre de gravité G de cette nouvelle bielle connaissant le centre de gravité G_B de l'ancienne à l'aide de la construction de la figure 1, par exemple, et nous déterminerons le rapport $\frac{GA}{GB}$.

Nous calculerons enfin le moment d'inertie I de la bielle fictive, par rapport à son centre de gravité G.

Digitized by Google

Si I_B est le moment d'inertie de la bielle réelle par rapport à son centre de gravité G_B

$$I - I_B = M_B \times \overline{GG_B}^2 + M_t \times \overline{AG_B}^2.$$

Nous sommes ramenés ainsi à étudier la force vive d'une bielle fictive unique de même longueur l que l'ancienne. Le remplacement de l'ensemble bielle

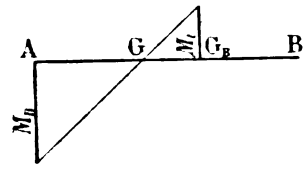


Fig. 1.

réelle et piston par une bielle fictive sera justifié plus loin.

Considérons la bielle dans la position de la figure 2.

Appelons $\overline{U_M}$ le vecteur vitesse du point M de cette bielle.

C'est la somme géométrique de la vitesse $\overline{u} = \overline{BU'}$ du

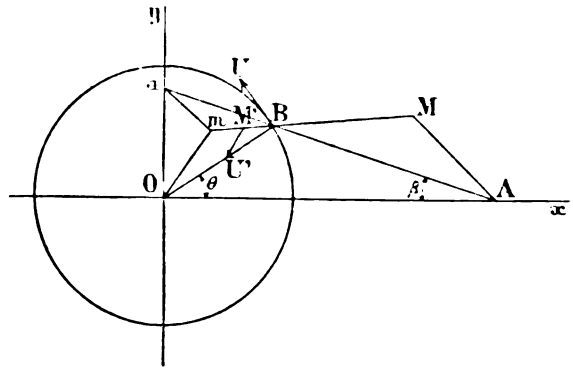


Fig. 2.

point B et d'un vecteur $\omega\,\overline{BM}$ ayant tourné de 90°. ω étant la rotation instantanée de la bielle.

Avec les notations des imaginaires nous écrirons

$$\overline{v_M} = \overline{u} + i\omega.\overline{BM} = \overline{BU'} + i\omega.\overline{BM}.$$

Faisons encore tourner ce vecteur de 90°, ce qui revient à le multiplier par i

$$\overline{iv_M} = i.\overline{BU'} - \omega.\overline{BM} = \overline{BU'} - \omega\overline{BM}.$$

C'est la différence géométrique du vecteur $\overline{BU'}$ de longueur u, porté sur le rayon OB et du vecteur $\omega\,\overline{BM}$

Posons $\overline{BM'} = -\omega\,\overline{BM}$; il vient

$$\overline{iv_M} = \overline{BU'} + \overline{BM'} = \overline{U'M'}.$$

Or le vecteur $\overline{BU'}$ est constant à l'instant considéré.

Les points M' forment donc la figure symétrique de la bielle, amplifiée dans le rapport ω.

Amplifions maintenant la figure ainsi tracée dans le rapport $\frac{r}{u}$. Le point U' vient en O, le point M' en m et l'on a

$$iv_M \times \frac{r}{u} = \overline{BO} - \omega\frac{r}{u}.\overline{BM} = \overline{Om}.$$

Ainsi le vecteur $\overline{Om}$ représente la vitesse du point M, amplifiée dans le rapport $\frac{r}{u}$ et ayant tourné de 90°.

Appliquons ce résultat au point A. Le point a correspondant se trouve sur Oy, sur le prolongement de AB. Il est donc connu. Appelant λ la longueur Ba lue sur la figure et l la longueur de AB, il vient

$$-\omega\frac{r}{u}\,l = \lambda, \text{ d'où } -\omega\frac{r}{u} = \frac{\lambda}{l}.$$

Ainsi la figure des vitesses de la bielle s'obtient en amplifiant dans le rapport $\frac{\lambda}{l}$ la figure symétrique de la bielle par rapport à B.

Calculons la force vive de la bielle et sa masse réduite

$$V_2^2 = \Sigma\frac{m}{2}v^2_M = \Sigma\frac{m}{2}\frac{u^2}{r^2}\times\overline{Om}^2$$

$$= \frac{u^2}{2}\Sigma\frac{m}{r^2}\times\overline{Om}^2 = \mathfrak{M}_2\frac{u^2}{2},$$

$$\mathfrak{M}_2 = \Sigma\frac{m\,Om^2}{r^2} = \frac{1}{r^2}\Sigma m\,\overline{Om}^2.$$

La masse réduite est donc le moment d'inertie de la figure des vitesses, par rapport au point O, divisé par r^2 en admettant que les points de cette figure ont même masse que les points correspondants de la bielle.

On voit maintenant pourquoi on a le droit d'accrocher le piston et la tige au pied de bielle A. Ces points ayant même vitesse que A fournissent le même moment d'inertie que s'ils étaient fixés réellement en A.

Soit g le point de vitesse du centre de gravité G. C'est aussi le centre de gravité de la figure des vitesses. Construisons-le. Posons $Og = \delta$ qui se mesure sur la figure

$$\Sigma m\,\overline{Om}^2 = \delta^2.\Sigma m + \Sigma m.\overline{gm}^2$$

$$= M\delta^2 + \Sigma m \times \overline{GM}^2 \times \frac{\lambda^2}{l^2}$$

$$= M\delta^2 + \frac{I}{l^2}.\lambda^2.$$

Donc

$$\mathfrak{M}_2 = \frac{M}{r^2}\delta^2 + \frac{I}{r^2 l^2}\lambda^2.$$

Digitized by Google

En définitive, ayant calculé à l'avance les deux constantes $\frac{M}{r_2} = A$ et $\frac{I}{r^2 l^2} = B$, il suffit de mesurer sur la figure les longueurs δ et λ et de former la quantité $A\delta^2 + B\lambda^2$ pour obtenir la masse réduite.

Construction géométrique. — La construction de Lill, disposée comme l'indique la figure 3, donne rapidement le résultat du calcul.

De part et d'autre de l'axe Oy on porte les longueurs $OA = A$, $OB = B$.

Sur l'axe $\alpha\gamma$ on porte les longueurs δ et sur $\alpha'\gamma'$, les longueurs λ relevées sur l'épure. $\omega\alpha = \omega'\alpha' = \beta$. On

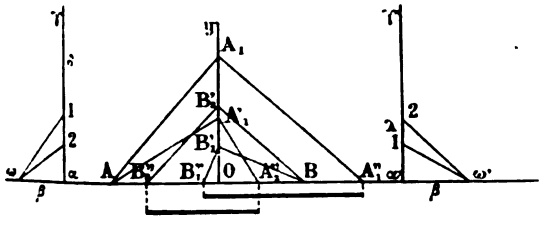


Fig. 3.

mène AA_1 parallèle à $\omega\delta$ et $A_1'A_1''$ perpendiculaire : de même on trace BB_1' parallèle à $\omega'\lambda$ et $B_1'B_1''$ perpendiculaire.

$$A_1''B_1'' = \frac{A}{\beta^2}\delta^2 + \frac{B}{\beta^2}\lambda^2.$$

Il est commode de prendre $\beta = r$, ce qui donne directement $A = M$, $B = \frac{I}{l^2}$, ou bien un multiple de $10\,r$.

Construction de λ et δ. — Il n'est pas nécessaire de tracer pour chaque valeur de θ, la position de la bielle AB. Il suffit de connaître la portion Ba. Si l'on décrit le cercle de rayon r avec une unité de longueur très grande, le tracé de la bielle BA, perd toute précision et la longueur δ est mal mesurée.

Or le mouvement de a se compose d'un mouvement pendulaire, celui de b projection de B, et d'une partie complémentaire $\Delta a = \overline{ba}$

$$\Delta a = r\cos\theta \times \operatorname{tg}\varphi.$$

Or

$$\sin\varphi = \frac{r}{l}\sin\theta = \varepsilon\sin\theta,$$

en posant $\varepsilon = \frac{r}{l}$:

$$\text{d'où } \operatorname{tg}\varphi = \frac{\varepsilon\sin\theta}{\sqrt{1 - \frac{r^2}{l^2}\sin^2\theta}},$$

qui est égal sensiblement à $\varepsilon\sin\theta$, ce qui donne.

$$\Delta a = \frac{\varepsilon r}{2}\sin 2\theta.$$

Cette quantité s'obtient par la construction suivante (fig. 4) où l'on utilise la partie inférieure du cercle de rayon r. On prolonge le rayon OB jusqu'au point C où il

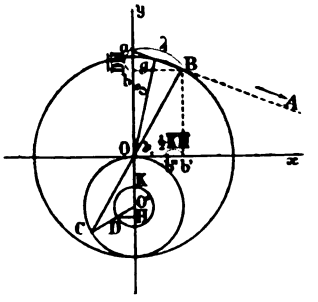


Fig. 4

rencontre le cercle de centre O' et de rayon $\frac{r}{2}$. Le rayon O'C rencontre en D le cercle de rayon $\frac{\varepsilon r}{2}$ et de centre O'. $\Delta a = DH$.

La même construction nous donnera la position du pied de bielle A (à la longueur constante de la bielle près), car le déplacement de A se compose d'une partie pendulaire fournie par la projection b' de B sur l'axe Ox et d'une partie complémentaire $\overline{\Delta b'}$

$$\Delta b' = l(1 - \cos\varphi)$$

$$\cos\varphi = \sqrt{1 - \varepsilon^2\sin^2\theta}.$$

soit sensiblement

$$1 - \frac{\varepsilon^2}{2}\sin^2\theta$$

$$\Delta b' = \frac{l\varepsilon^2}{2}\sin^2\theta = \frac{l\varepsilon^2}{4}(1 - \cos 2\theta),$$

et comme $\varepsilon = \frac{r}{l}$, on a $\Delta b' = \frac{\varepsilon r}{4}(1 - \cos 2\theta)$.

La construction précédente donne donc $\Delta b' = \frac{\overline{KH}}{2}$.

Les corrections Δa et $\Delta b'$ reprennent les mêmes valeurs absolues pour des angles θ complémentaires et supplémentaires. En faisant varier θ de o à π par intervalles de $\frac{\pi}{6}$, on abrège beaucoup les tracés.

Il ne reste plus qu'à partager Ba par le point g tel que $\frac{ag}{gB} = \frac{GA}{GB}$, opération qu'on peut faire facilement, à l'aide d'un transparent mobile, par exemple.

Travail des forces motrices. — Il est commode d'intégrer chaque diagramme séparément en considérant le travail comme l'intégrale de la courbe repré-

Digitized by Google

sentée. Parvenu au point 2, on continue l'intégration sur une longueur égale à la course. Le premier intervalle est gradué de 0 à π, à l'aide de la construction vue plus haut; le second, de π à 2π et la graduation est symétrique de celle du premier. On obtient la courbe OCA.

L'intégrale du deuxième diagramme sera comptée positivement vers le bas. On obtient la courbe ODB, de sorte que la différence d'ordonnées entre les deux courbes intégrales représente le travail moteur.

Cette intégration se fait facilement à l'aide de la méthode graphique exposée dans « Nomographie et Calcul graphique (E. S.) » de M. d'Ocagne.

Elle consiste à assimiler une portion de courbe, à tangentes non verticales, à un arc de parabole du troisième degré. L'ordonnée moyenne de cet arc, s'obtient ainsi (formule de Simpson) :

Par le milieu E de AB (fig. 6), on mène la parallèle à Oy, qui coupe l'arc en G et la corde CD en F.

On construit $\overline{GM} = \frac{GF}{3}$. $\overline{EM}$ est l'ordonnée moyenne cherchée que l'on reporte en $\varepsilon\mu$ sur l'axe $\varepsilon\gamma$. On a placé le point α à la distance 3, appelée base de $\varepsilon\gamma$.

La parallèle AH à $\alpha\mu$ détermine un segment BH dont la mesure est $\frac{AB \times EM}{3}$, soit la surface du trapèze mixtiligne ACGDB divisée par 3.

Cette méthode s'applique parfaitement à l'intégration du diagramme. Le choix de la base γ sera imposé par la condition de ne pas sortir du dessin, et pourra être effectué de telle façon qu'on obtienne le travail à une puissance de 10 près.

Ayant intégré l'arc 0, 1, 2 du diagramme, il suffit de retourner la base pour intégrer l'arc 2, 3, 4.

Travail résistant $\mathfrak{T}_r$. — Le travail moteur à la fin de la période est mesuré par le segment $\overline{AB}$ qui indique aussi le travail résistant à ce même instant. Or

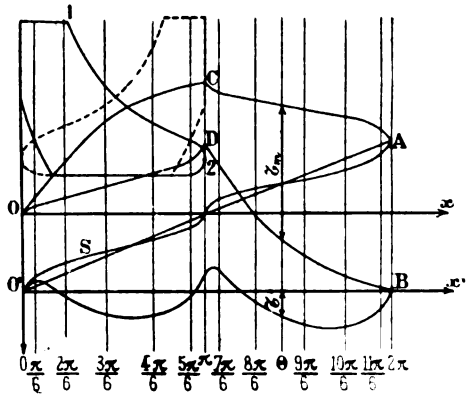


Fig. 5.

celui-ci est supposé proportionnel à 0. Si l'axe Ox était divisé proportionnellement à 0 la courbe $\mathfrak{T}_r$ serait une droite O'A. Il est facile de transformer cette droite en la courbe $\mathfrak{T}_r$ représentant le travail résistant en fonction de la course de piston. Il suffit de diviser O'A en autant de parties égales qu'on a divisé la circonférence et de reporter les ordonnées sur les parallèles à Oy qui portent les numéros correspondants. On obtient ainsi la ligne sinueuse S (fig. 5).

Si, maintenant, on porte à partir de S et vers le bas les travaux moteurs mesurés par les différences d'ordonnées des courbes OCA et ODB, on obtient, rapportée à l'axe O'x', la courbe des excès du travail moteur sur le travail résistant, comptés positivement vers le bas.

Construction de u^2. — Nous possédons finalement deux courbes qui nous donnent : la première, les masses

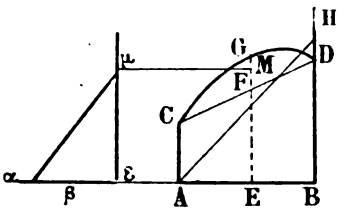


Fig. 6.

réduites $\mathfrak{M}_2$ et la seconde, les excès du travail moteur sur le travail résistant, $\mathfrak{E}$ en fonction de l'angle θ.

L'équation des forces vives

$$(\mathfrak{M}_1 + \mathfrak{M}_2)\frac{u^2}{2} - V_0 = \mathfrak{E}$$

donne

$$\frac{u^2}{2} = \frac{\mathfrak{E} + V_0}{\mathfrak{M}_1 + \mathfrak{M}_2}.$$

V_0 est inconnu, $\mathfrak{M}_1$ est ou bien inconnu (premier problème), ou bien connu (deuxième problème), mais très

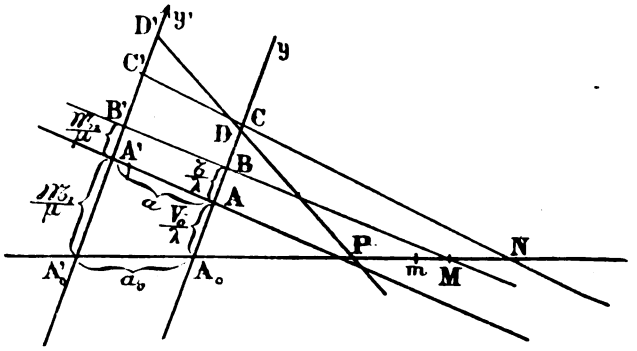


Fig. 7.

grand par rapport à $\mathfrak{M}_2$. Supposons-les provisoirement connus.

Les travaux $\mathfrak{E}$ et les masses $\mathfrak{M}_2$ nous sont donnés à certaines échelles.

1 cm de la courbe des travaux représente λ kilogrammètres.

De même 1 cm de la courbe des masses représente μ unités de masse.

Sur les deux axes parallèles A_0y, A'_0y' portons (fig. 7) les segments $\overline{A_0B} = \frac{\mathfrak{E} + V_0}{\lambda}$ et $\overline{A'_0B} = \frac{\mathfrak{M}_1 + \mathfrak{M}_2}{\mu}$.

Digitized by Google

La droite B'B coupe la droite A'_0A_0 en un point M tel que

$$\frac{\overline{A_0M}}{\overline{A'_0M}} = \frac{\mu}{\lambda}\frac{u^2}{2}.$$

qui montre qu'à une valeur de $\frac{u^2}{2}$ correspond un point M unique et inversement.

Le faisceau des droites telles que B'B fournit ainsi deux points extrêmes N et P correspondant aux valeurs extrêmes de $\frac{u^2}{2}$. Si U désigne la vitesse moyenne et δ le degré d'irrégularité, on obtient les relations

$$\frac{\overline{A_0N}}{\overline{A'_0N}} = \frac{U^2}{2}(1+\delta), \quad \frac{\overline{A_0P}}{\overline{A'_0P}} = \frac{U^2}{2}(1-\delta)$$

$$\frac{1+\delta}{1-\delta} = \frac{\overline{A_0N}}{\overline{A'_0N}}\frac{\overline{A'_0P}}{\overline{A_0P}}.$$

Marquons sur A'_0A_0 un point m relié à la vitesse moyenne par la relation

$$\frac{\overline{A_0m}}{\overline{A'_0m}} = \frac{U^2}{2}.$$

En combinant aux relations précédentes, on obtient

$$\frac{\overline{A_0N}}{\overline{A'_0N}} + \frac{\overline{A_0P}}{\overline{A'_0P}} = 2\frac{\overline{A_0m}}{\overline{A'_0m}},$$

qui peut s'écrire

$$\frac{\overline{A_0A'_0}+\overline{A'_0N}}{\overline{A'_0N}} + \frac{\overline{A_0A'_0}+\overline{A'_0P}}{\overline{A'_0P}} = 2\frac{\overline{A_0A'_0}+\overline{A'_0m}}{\overline{A'_0m}},$$

ou finalement

$$\frac{1}{\overline{A'_0N}} + \frac{1}{\overline{A'_0P}} = \frac{2}{\overline{A'_0m}}.$$

Le point m est conjugué harmonique du point A'_0 par rapport au couple (NP).

Nous avons supposé tracée la droite A'_0A_0. Or il est impossible de le faire puisqu'on ne connaît pas V_0. D'autre part, même si $\mathfrak{M}_1$ est connue, le tracé de A'_0A_0 est impraticable, car $\mathfrak{M}_1$ est extrêmement grand vis-à-vis de $\mathfrak{M}_2$.

Nous porterons seulement à partir des points A' et A pris arbitrairement sur A'y' et A_0y les valeurs $\frac{\mathfrak{M}_2}{\mu}$ et $\frac{\mathfrak{E}}{\lambda}$ fournies par les courbes précédemment trouvées (fig. 8).

La distance $A'A = a$ sera prise arbitraire (10 cm par exemple).

Le premier problème reviendrait, en supposant tracé le faisceau BB', à trouver une droite A'_0A_0 qui

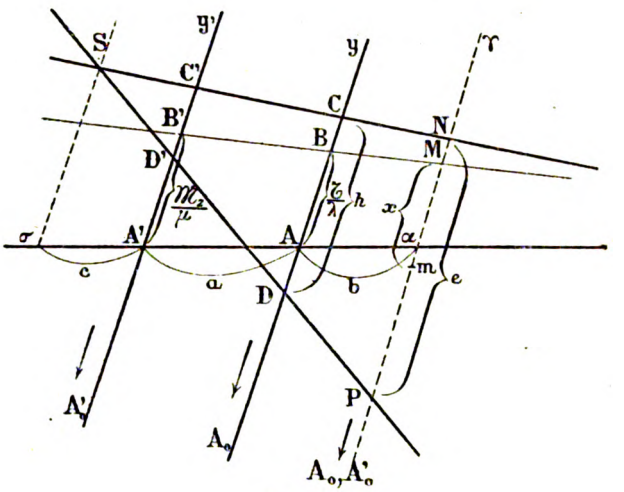


Fig. 8.

couperait le faisceau en deux points extrêmes N et P tels que

$$\frac{1+\delta}{1-\delta} = \frac{\overline{A_0N}}{\overline{A'_0N}}\frac{\overline{A'_0P}}{\overline{A_0P}} = (A_0A'_0NP)$$

et tels que le conjugué harmonique m de A'_0 par rapport à NP soit donné par

$$\frac{\overline{A_0m}}{\overline{A'_0m}} = \frac{\mu}{\lambda}\frac{U^2}{2}.$$

Le fait que A'_0 est extrêmement éloigné de A' (ordre de plusieurs mètres) simplifie beaucoup le problème.

Un premier lieu du point m est la parallèle $\alpha\gamma$ aux axes Ay, A'y' définie par

$$\frac{\overline{A\alpha}}{\overline{A'\alpha}} = \frac{\mu}{\lambda}\frac{U^2}{2}.$$

Le point m se trouve certainement sur $\alpha\gamma$ à l'intérieur du couple de droites CC' DD' extrêmes. Donc A'_0A_0 qui passe par M est très sensiblement parallèle à $\alpha\gamma$ et se confond avec elle pendant la traversée du faisceau; $\alpha\gamma$ coupe le faisceau très sensiblement aux points P et N et la longueur e du segment PN est connue avec une très grande approximation. Il est inutile de construire m qui est presque le milieu de PN.

Digitized by Google

Calculons δ

$$\frac{1+\delta}{1-\delta} = \frac{\overline{A_0N}}{\overline{A'_0N}}\frac{\overline{A'_0P}}{\overline{A_0P}} = \frac{\overline{A_0A'_0}+\overline{A'_0N}}{\overline{A'_0N}}\frac{\overline{A'_0P}}{\overline{A_0A'_0}+\overline{A'_0P}},$$

$$\frac{1+\delta}{1-\delta} = \frac{-a_0+\overline{A'_0P}+e}{\overline{A'_0P}+e}\frac{\overline{A'_0P}}{-a_0+\overline{A'_0P}}$$

$$= \frac{(-a_0+\overline{A'_0P})+e}{-a_0+\overline{A'_0P}}\frac{\overline{A'_0P}}{\overline{A'_0P}+e},$$

$$\frac{1+\delta}{1-\delta} = \frac{1+\dfrac{e}{-a_0+\overline{A'_0P}}}{1+\dfrac{e}{\overline{A'_0P}}},$$

$$\delta = \frac{e}{\overline{A'_0P}}\frac{a_0}{\overline{A_0P}-a_0} \times \frac{1}{2-\dfrac{a_0}{\overline{A'_0P}-a_0}\dfrac{e}{\overline{A'_0P}}}$$

$$= \frac{e}{\overline{A'_0P}}\frac{a_0}{\overline{A_0P}} \times \frac{1}{2-\dfrac{e}{\overline{A'_0P}}\dfrac{a_0}{\overline{A_0P}}}.$$

Or $\overline{A'_0P}$ se confond très sensiblement avec $\overline{A'_0A'}$ soit $\frac{\mathfrak{M}_1}{\mu}$.

De même $\frac{a_0}{\overline{A_0P}} = \frac{a}{b}$ en posant $b = \overline{A\alpha}$.

En définitive

$$\delta = \frac{e\mu}{\mathfrak{M}_1}\frac{a}{b}\frac{1}{2-\dfrac{e\mu}{\mathfrak{M}_1}\dfrac{a}{b}}.$$

Pratiquement, on peut négliger $\frac{a}{b}\frac{e\mu}{\mathfrak{M}_1}$ devant 2 et il vient la formule très suffisante et très simple

$$\delta = \frac{1}{2}\frac{a}{b}\frac{e}{\left(\dfrac{\mathfrak{M}_1}{\mu}\right)},$$

qui résoud les deux problèmes inverses proposés.

Angle d'avance de la manivelle réelle sur une manivelle fictive tournant avec la vitesse uniforme U. — Si φ est l'angle d'avance correspondant à l'angle θ décrit par la manivelle réelle, l'angle décrit par la manivelle fictive est $\theta - \varphi$

$$\theta - \varphi = \frac{U}{r}\int_0^t dt \qquad \theta = \int_0^t \frac{u}{r}\,dt,$$

$$\varphi = \int_0^t \frac{u-U}{r}\,dt \qquad \frac{d\varphi}{d\theta} = \frac{u-U}{u} = 1 - \frac{U}{u},$$

$$\varphi = \int_0^\theta \left(1-\frac{U}{u}\right)d\theta.$$

Supposons qu'on ait trouvé la droite BB' correspondant à l'angle θ. Elle coupe la droite $\alpha\gamma$ en un point M dont la distance au point moyen m est x. Affectons x du signe + si le segment $\overline{mM}$ est dirigé dans le sens $\alpha\gamma$ et du signe — dans le cas contraire.

Un calcul entièrement semblable au précédent fournit

$$1 - \frac{U}{u} = \frac{1}{2}\frac{a}{b}\frac{x}{\left(\dfrac{\mathfrak{M}_1}{\mu}\right)},$$

$$\varphi = \frac{1}{2}\frac{a}{b}\frac{1}{\left(\dfrac{\mathfrak{M}_1}{\mu}\right)}\int_0^\theta x\,d\theta.$$

On tracera donc la courbe des x en fonction de θ et on intégrera graphiquement (fig. 9).

Si l'on prenait la distance x non plus à partir de m qui n'est pas rigoureusement connu, mais à partir

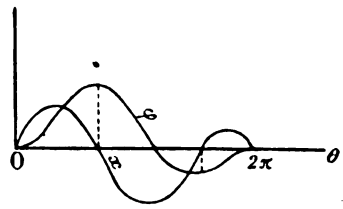


Fig. 9.

d'une origine quelconque sur $\alpha\gamma$, on obtiendrait une courbe intégrale qui ne serait pas nulle pour $\theta = 2\pi$.

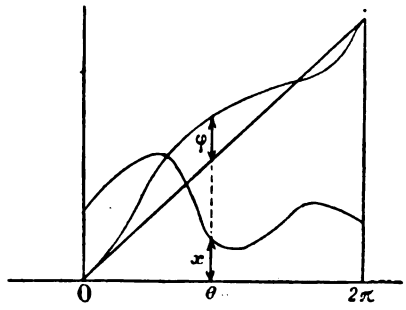


Fig. 10.

Il faudrait compter les ordonnées à partir de la corde joignant le point initial au point final (fig. 10).

Etablissement d'une formule reliant le PD^2 à δ autour d'une vitesse donnée. — Pour les machines à vapeur, les compresseurs, etc., on emploie des formules empiriques reliant le PD^2 du volant à la consommation ou au débit, au nombre de tours et au degré d'irrégularité. L'épure fournit la forme acceptable d'une telle formule pour une machine donnée fonctionnant dans le voisinage d'une vitesse donnée. En effet, aux environs de cette vitesse le couple de

Digitized by Google

droites CC' DD' qui a fourni les points extrêmes P et N fournit encore les points extrêmes quand on déplace légèrement la droite $\alpha\gamma$. Ce couple a son sommet en S. Or

$$\delta = K\frac{a}{b}\frac{e}{PD^2},$$

K étant une constante;

$$\frac{e}{b} = \frac{a+b+c}{a+c} = 1 + \frac{b}{a+c}.$$

D'autre part

$$\frac{b}{a} = \frac{\mu}{\lambda}\frac{U^2}{2};$$

d'où

$$b = K'n^2;$$

on peut mettre δ sous la forme

$$\delta = \frac{1}{PD^2}\left(\alpha + \frac{\beta}{n^2}\right),$$

et comme le débit ou la consommation Q sont proportionnels à n

$$PD^2 = \frac{Q}{\delta}\left(\frac{A}{n} + \frac{B}{n^3}\right).$$

A et B se calculeront sur les données de l'épure.

G. Laville.

Revues, analyses et informations

Sur la polarité de l'arc électrique.

MM. L. Dunoyer et P. Toulon ont présenté sur ce sujet, à une des dernières séances (1) de l'Académie des Sciences, la note suivante :

Il est aujourd'hui classique que l'émission d'électrons par la cathode est indispensable au fonctionnement de l'arc électrique et que, par conséquent, si l'une des électrodes est systématiquement refroidie, il est naturel qu'elle fonctionne comme anode. A ce point de vue, l'arc Garbarini, qui s'établit habituellement entre le charbon *positif* porté à très haute température et une couronne métallique *négative* énergiquement refroidie par un courant d'eau peut paraître paradoxal. Paradoxal également le fait que, dans un redresseur à vapeur de mercure, il est possible, sans nuire à la qualité du redressement, de faire rougir les anodes alors que le mercure cathodique reste à une température bien inférieure à 360°.

Les expériences dont il va être rendu compte confirment, d'une part, la doctrine classique du fonctionnement de l'arc et montrent comment le paradoxe peut être expliqué; elles ont, en même temps, donné lieu à la réalisation d'un dispositif extrêmement simple qui permet d'obtenir un courant pulsatoire à sens unique, équivalent dans beaucoup de cas à du courant continu, au moyen de courant alternatif.

M. Blondel a montré jadis (2) que l'arc jaillissant entre une électrode de charbon et une électrode métallique sous une force électromotrice alternative peut présenter deux régimes : l'arc « court » passe dans les deux sens, tandis que l'arc « long » est polarisé et ne laisse passer le courant que dans le sens métal-charbon.

On pourrait se demander si cette polarisation est due au fait que l'une des électrodes est métallique. Il est facile de montrer qu'en réalité le phénomène est dû exclusivement à ce que l'électrode métallique est toujours, grâce à sa conductibilité, à une température plus basse que l'électrode de charbon. Si, en effet, on remplace l'électrode métallique par un tube de graphite énergiquement refroidi par un courant d'eau, on constate, comme avec le métal, que l'arc passe uniquement de l'électrode froide à l'électrode chaude; la nature de l'électrode ne joue donc pratiquement aucun rôle dans le phénomène.

Les arcs « longs » polarisés de M. Blondel sont d'ailleurs assez instables, avec une tendance marquée soit à s'éteindre, soit à se transformer en arcs « courts ». Les auteurs ont obtenu des arcs polarisés d'une parfaite stabilité en associant à l'électrode froide deux électrodes entre lesquelles jaillit un arc d'entretien. L'électrode froide est constituée par un tube conducteur, d'une substance d'ailleurs quelconque, refroidi par un courant d'eau. L'arc d'entretien jaillit entre des électrodes de charbon ; cet arc d'entretien peut être alimenté en courant continu, mais également en courant alternatif, ce qui est évidemment beaucoup plus intéressant. Le schéma des montages sera indiqué ailleurs.

L'étude oscillographique du courant polarisé, ainsi que la comparaison des indications d'appareils à courant continu et d'appareils à courant alternatif placés sur le circuit de ce courant, ont montré que, dans les conditions de ces expériences, la polarisation du courant est pratiquement parfaite pour des tensions alternatives inférieures à 500 v; mais pour des tensions plus élevées, par exemple 900 v, la polarisation se montre moins bonne. Quant à l'intensité moyenne qu'il est possible d'obtenir pour le courant redressé, il semble que rien, à priori, ne doive la limiter. En fait, avec une tension alternative de 220 v qui, théoriquement, ne peut donner pour le courant polarisé qu'une tension moyenne de 90 v au maximum, nous avons obtenu 90 A sous 86 v aux bornes de l'arc polarisé. Les charbons de l'arc d'entretien avaient 12 mm et 16 mm de diamètre, et l'électrode froide était un tube de cuivre ronge de 15 mm de diamètre, refroidi par circulation d'eau.

Ces expériences confirment donc que, s'il n'y a pas contact entre les électrodes, il n'y a jamais allumage de l'arc (au-dessous d'une tension limite), même au sein d'un gaz très conducteur, si l'électrode froide est cathode ; il y a, au contraire, allumage certain si elle est anode. Il faut donc, pour l'allumage de l'arc, que l'une des électrodes émette des électrons. En effet, quand l'électrode froide est cathode, elle n'en émet pas parce qu'elle est froide, et l'électrode chaude n'en émet pas parce qu'elle est positive; si, au contraire, l'électrode chaude est négative, elle émet des électrons et l'arc s'allume.

Mais s'il y a contact entre les électrodes, l'arc s'allumera toujours en courant continu, même si la cathode est refroidie dans son ensemble. En effet, le contact qui, dans la réalité, ne donnera lieu au passage du courant qu'en quelques points isolés, y produira une élévation locale de température, suffisante pour que l'émission électronique se produise en ces points. L'étendue des régions de très haute température pourra être, du reste, beaucoup trop petite

(1) *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 19 juin 1922, t. CLXXIV, p. 1615-1617.
(2) A. Blondel, *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, t. CXXVIII, 1899, p. 727-731.

Digitized by Google

pour donner lieu à aucune incandescence visible. C'est donc la température de cette région d'émission électronique qu'il faut prendre en considération, et non pas la température d'ensemble de la cathode.

Par exemple, dans l'arc Garbarini, la température des régions cathodiques, qui jouent véritablement un rôle dans le fonctionnement de l'arc, n'est donc nullement la température du métal refroidi, mais une température certainement supérieure à celle du cratère positif de l'arc.

De même, le fait que l'on peut faire fonctionner un redresseur à vapeur de mercure avec des anodes fortement rougies, montre que la petite tache lumineuse qui se déplace sur la cathode est à une température certainement supérieure à 1 000°.

Sur une propriété curieuse d'un montage spécial des machines électriques excitées en série.

Nous reproduisons ci-après une note de M. F. Guéry, présentée à une des dernières séances de l'Académie des Sciences (1):

L'auteur considère n machines électriques identiques, à courant continu, excitées en série, montées en zigzag, et entraînées mécaniquement à la même vitesse. Par *montage en zigzag* il faut entendre que l'induit d'une des machines est monté en série avec l'inducteur de la voisine et que tous ces ensembles d'un inducteur et d'un induit sont mis en parallèle les uns avec les autres. Les induits de ces machines numérotés, 1, 2,..., n, sont parcourus par des courants $I_1, I_2, \ldots, I_n$.

D'une manière générale, abstraction faite de la saturation magnétique, la différence de potentiel aux bornes d'une machine excitée en série a pour expression

$$u = a + kI + \frac{\mathcal{L}\,dI}{dt},$$

a, constante tenant compte du magnétisme rémanent;

k, constante positive ou négative suivant le sens de l'enroulement inducteur;

$\mathcal{L}$, inductance de l'inducteur.

Négligeant la résistance des circuits, l'inductance des induits et l'induction mutuelle des inducteurs et des induits, nous pouvons écrire

$$(1)\quad \begin{cases} u = a_1 + kI_2 + \dfrac{\mathcal{L}\,dI_1}{dt} = \ldots = a_n + kI_1 + \dfrac{\mathcal{L}\,dI_n}{dt}, \\ I_1 + I_2 + \ldots + I_n = 0. \end{cases}$$

En posant

$$(2)\quad \begin{cases} \dfrac{\mathcal{L}}{k} = m, \\ i_1 = \dfrac{a_n - a_1}{k} + I_1 - I_2, \quad \ldots, \quad i_n = \dfrac{a_{n-1} - a_n}{k} + I_n - I_1, \end{cases}$$

et retranchant deux à deux les relations (1), on a

$$(3)\qquad \frac{i_2}{m} + \frac{di_1}{dt} = 0, \quad \ldots, \quad \frac{i_1}{m} + \frac{di_n}{dt} = 0.$$

On a, de plus, identiquement

$$\Sigma i = i_1 + i_2 + \ldots + i_n = 0.$$

Enfin les I sont donnés en fonction des i par les relations

$$(4)\quad \begin{cases} I_1 = \dfrac{i_2 + 2i_3 + \ldots + (n-1)\,i_n}{n}, \\ \cdots\cdots\cdots\cdots, \\ I_n = \dfrac{i_1 + 2i_2 + \ldots + (n-1)\,i_{n-1}}{n}. \end{cases}$$

(1) *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 19 juin 1922, t. CLXXIV, p. 162-164.

La solution générale des relations (3) est de la forme

$$i_1 = C_1 e^{\rho_1 t} + \ldots + C_n e^{\rho_n t}.$$

Par substitution dans les relations (3), on obtient les valeurs de $i_2, \ldots, i_n$ et la relation de condition

$$(-1)^{n-1} (m\rho)^n + 1 = 0$$

dont les racines fournissent les valeurs des n coefficients exponentiels.

Une racine de cette équation en $m\rho$ est de la forme

$$\cos\frac{\lambda\pi}{n} + \sqrt{-1}\,\sin\frac{\lambda\pi}{n};$$

les valeurs de λ correspondant aux différentes racines sont les nombres pairs de 0 à $2n-2$, si n est pair, et les nombres impairs de 1 à $2n-1$, si n est impair. Dans le premier cas, les racines réelles correspondent à $\lambda = 0$ et $\lambda = n$; dans le deuxième cas, la racine réelle est donnée par $\lambda = n$.

En tenant compte de la relation $\Sigma i = 0$, on voit facilement que, *pour n pair*, Σi se réduit à la somme des termes correspondant à la racine en $e^{-\frac{t}{m}}$.

Le coefficient de ces termes doit donc être nul.

Mais le coefficient de l'autre terme réel, en $e^{-\frac{t}{m}}$, n'est pas nécessairement nul. Pour que le régime puisse être stable, il est donc nécessaire que k soit négatif, c'est-à-dire que les connexions soient celles qui correspondraient à la marche des machines en génératrices sur un circuit extérieur. Mais cette condition ne sera pas suffisante en général, car les termes imaginaires donnant lieu à un régime pulsatoire n'auront pas nécessairement un coefficient nul, et ceux de ces termes qui correspondent à un exposant ayant une partie réelle positive croîtront indéfiniment avec t.

Le montage avec un nombre pair de machines n'est donc pas toujours nécessairement stable, même si les connexions sont convenablement établies. Il l'est toujours avec deux machines, puisqu'il n'y a pas dans ce cas de racines imaginaires.

Le cas de quatre machines est tout à fait particulier; les deux racines imaginaires sont du type imaginaire pur et correspondent par conséquent à un régime oscillatoire non amorti.

La période T a pour valeur $2\pi\frac{\mathcal{L}}{k}$. En désignant par N le nombre de tours par seconde de l'induit; par n_1 le nombre de conducteurs périphériques de l'induit; par n_2, le nombre de spires total de l'inducteur, l'expression de la période peut se mettre sous la forme

$$T = \frac{2\pi n_2}{N n_1}.$$

Cette expression appliquée à des moteurs de traction de types connus fournit des valeurs variant d'une demi-seconde à quelques secondes.

On voit aisément que la puissance demandée à chacun des moteurs est alternative, avec une fréquence double de celle du courant.

Certains phénomènes observés pratiquement sur des moteurs montés en zigzag, fermés sur un circuit extérieur assez résistant relativement à celui des moteurs et jouant, par suite, un rôle négligeable dans la distribution des courants, paraissent correspondre à ce fonctionnement spécial et très curieux.

Pour n impair, on voit facilement que les coefficients des différents termes de i peuvent n'être pas nuls, tout en donnant une somme nulle dans Σi. La stabilité n'est jamais assurée dans ce cas. Par suite, on peut dire que, pratiquement, le montage en zigzag est applicable seulement à deux machines.

Digitized by Google

SECTION INDUSTRIELLE

La grande centrale thermoélectrique de Comines (Nord) (*Suite et fin*)(1)

Station de pompage et prise d'eau. — Le bâtiment de la station de pompage, représenté en coupe et en plan sur les figures 14 et 15, a son axe longitudinal parallèle à la rivière.

Il communique avec la prise d'eau par l'intermédiaire de deux citernes de 118,50 m² de superficie totale et dont le plafond est établi à la cote 7,75 m, c'est-à-dire à 2,65 m au-dessous du plan d'eau normal de la rivière.

La prise d'eau en béton armé a son plafond à la cote 8 m ; sa largeur totale est de 11 m, séparée, par une cloison, en deux parties égales communiquant chacune avec l'une des citernes.

Cette prise d'eau est munie de deux rangées de grilles :

1° Des grilles dégrossisseuses fixes; en avant desquelles est ménagé un caniveau de dépôt des boues, lui-même vidangé par des pompes spéciales à axe vertical;

2° Des grilles fixes relevables, nettoyées par projection d'eau à l'aide d'une pompe mobile montée sur chariot. Un portique métallique établi en travers de la prise d'eau porte les rails de roulement d'un palan servant au relevage des grilles. Chaque citerne est munie de deux vannes permettant de l'isoler de la prise d'eau.

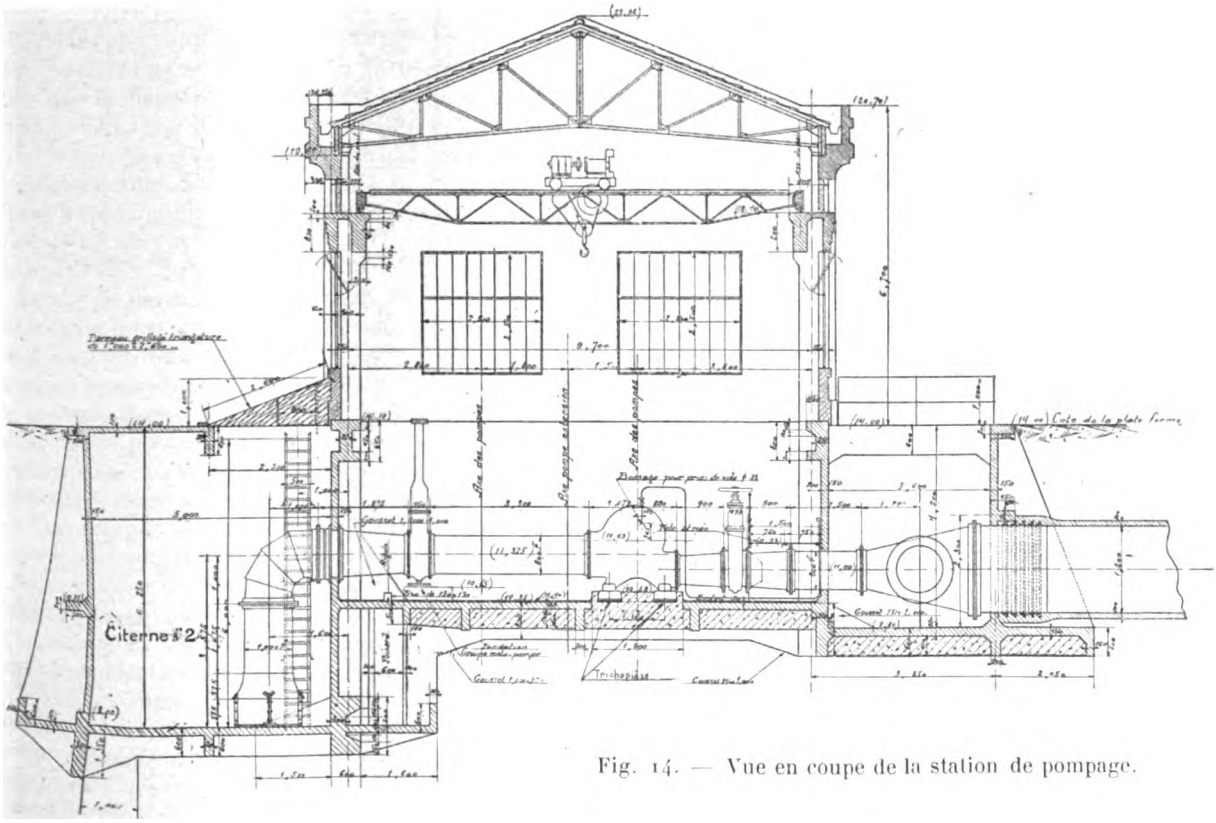


Fig. 14. — Vue en coupe de la station de pompage.

La station de pompage a 27,90 m de longueur et 10,10 m de largeur. Le plancher des pompes est à la cote 10,35 m, c'est-à-dire sensiblement au niveau de la retenue normale et à 3,20 m environ en contre-bas des plus hautes crues. Pour cette raison, toute la partie du bâtiment située au-dessus de la cote 14 est constituée par un caisson en béton armé comportant un radier

(1) *R. G. E.*, 15 juillet 1922, t. XII, p. 55-68.

Digitized by Google

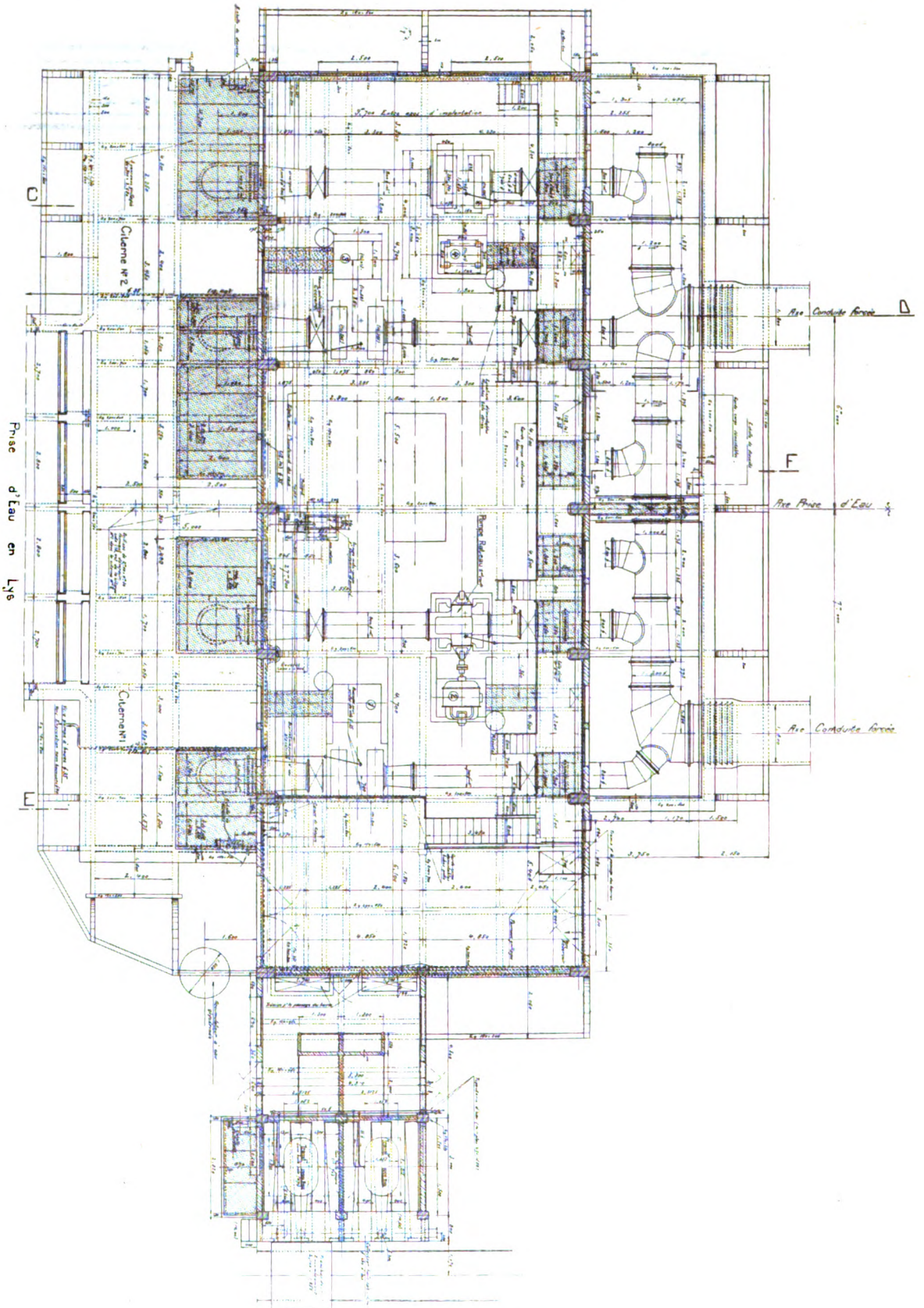


Fig. 15. — Vue en plan de la station de pompage.

Digitized by Google

de 0,15 m d'épaisseur reposant sur une fondation de 40 cm en gros béton.

Les parois verticales ont également une épaisseur de 0,15 m et sont munies, du côté des citernes et du côté opposé, d'orifices permettant le passage des tuyauteries d'aspiration et de refoulement.

Dans sa partie haute le bâtiment est constitué par une ossature en béton armé dont les trois façades définitives sont garnies d'un remplissage en parpaings et traitées dans le style des autres bâtiments de la centrale. Le pignon côté aval est établi en pans de fers provisoires avec remplissage en briques.

La toiture, dont le faîte est à la cote 22,56 m, est en charpente métallique avec couverture en tuiles.

Un pont roulant de 10 t, de la Société des Appareils de Levage, sert à la manutention des divers appareils installés dans le bâtiment.

Du côté de la Lys, sur toute la longueur du bâtiment se trouvent les citernes, en communication avec la prise d'eau, dans lesquelles aspirent les différentes pompes.

La station de pompage renferme quatre groupes moto-pompes de circulation comprenant chacun une pompe centrifuge, système Rateau, à axe horizontal, répondant aux conditions de fonctionnement suivantes : débit en litres par seconde, 2 000 litres ; hauteur manométrique d'élévation, 12 m ; nombre de tours par minute, 735.

Cette pompe est accouplée directement à un moteur de construction Schneider-Jeumont, asynchrone triphasé, à rotor bobiné avec relevage des balais, dont les caractéristiques sont les suivantes : puissance, 450 ch ; tension, 220 v ; fréquence, 50 p : s.

En vue de permettre l'amorçage de ces pompes, il a été installé deux groupes moto-pompes à vide comprenant, chacun, une pompe à vide, munie d'un réducteur de vitesse et capable de réaliser un vide de 5,50 cm de mercure dans une capacité de 15 m³ en quinze minutes ; cette pompe est actionnée par un moteur à courant triphasé, à induit bobiné, d'une vitesse de 1 415 t : mn sous une tension de 220 v.

Deux pompes de circulation en fonctionnement suffiront pour assurer les besoins de la condensation. On disposera donc de deux pompes de réserve, l'une de secours, l'autre en visite d'entretien.

Les pompes ci-dessus refoulent dans un collecteur en communication avec deux conduites en béton armé aboutissant dans le sous-sol de la salle des machines.

Sur chacune de ces conduites sont branchées les tuyauteries d'amenée d'eau de circulation de chacun des condensateurs.

En marche normale les condenseurs fonctionnent par siphonnage, le retour des eaux de circulation s'effectuant dans une galerie d'eau chaude placée en sous-sol, dans l'axe de la salle des machines et aboutissant à la gare d'eau, soit en aval de la prise d'eau.

Pour la deuxième étape, lorsque la centrale de Comines sera appelée à développer une puissance de 100 000 kw nécessitant quatre groupes turbo-alternateurs 25 000 kw en fonctionnement et que le débit des eaux de la Lys pendant la période d'étiage ne permettra d'assurer que les services de condensation de deux groupes, il deviendra nécessaire de prévoir une batterie de réfrigérants suffisants pour refroidir un volume d'eau correspondant au débit d'eau de circulation de deux condenseurs.

A cet effet, on envisage la liaison de la galerie d'évacuation des eaux chaudes avec une deuxième citerne placée en bout du bâtiment de la station de pompage après extension. Cette liaison sera assurée par une conduite en béton armé.

Le refoulement des eaux chaudes aux réfrigérants s'effectuera par l'intermédiaire de deux groupes moto-pompes identiques à ceux indiqués ci-dessus.

Des réfrigérants, l'eau sera ensuite évacuée dans les citernes en communication avec la prise d'eau où s'effectuera le mélange avec les eaux provenant directement de la Lys.

Ce mélange sera aspiré par quatre pompes de circulation refoulant dans le collecteur sur lequel sont branchées les conduites forcées aboutissant aux condenseurs.

Pour assurer le service de la condensation de 4 groupes turbo-alternateurs, il y aura donc 6 groupes moto-pompes en fonctionnement dont : 4 pour l'eau de circulation dans la condensation et 2 pour la batterie de réfrigérants.

L'extension du bâtiment de la station de pompage a été prévue en conséquence, l'installation définitive comportant 8 groupes moto-pompes d'un débit de 2 m³ : s pour une hauteur de refoulement 12 m, dont 2 de secours.

Poste de transformation de la station de pompage. — Le poste de transformation est situé à une extrémité de la salle des pompes.

Il renferme 2 transformateurs 1 000 kv-a, 10 500/220 v, dont un de réserve, ainsi que le tableau de distribution.

Les deux départs à 10 500 v des services auxiliaires de l'usine à destination de la station de pompage alimentent chacun, par une canalisation souterraine, le jeu de barres à 10 500 v.

Les 2 transformateurs 1 000 kv-a, 10 500/220 v, reçoivent le courant de ces barres par l'intermédiaire d'un disjoncteur à huile et d'un sectionneur tripolaire.

Des bornes basse tension de chaque transformateur, le courant est dirigé sur les barres 220 v ; un sectionneur tripolaire est placé sur ce circuit.

Ces dernières barres alimentent les différents moteurs actionnant les pompes de circulation ainsi que les pompes à vide.

Bâtiments et services annexes. — Atelier. — Un atelier d'entretien et de réparations a été installé dans un bâtiment séparé situé entre l'usine et la Lys, en bordure de la ligne de chemin de fer.

Ce bâtiment mesure 30 m de longueur sur 10 m de

Digitized by Google

largeur et 8 m de hauteur totale. Il est constitué par une ossature métallique avec remplissage en briques et couverture en schedes.

Cet atelier est subdivisé en sections distinctes : menuiserie, ajustage, atelier de mécanique et d'électricité, forge et chaudronnerie. Il comprend également un magasin de petit outillage et de fournitures courantes, un bureau et un lavabo vestiaire. Une voie de 0,60 m traverse l'atelier dans sa longueur ; une voie normale raccordée avec le réseau dessert cet atelier et son parc à matériel. Tout l'outillage est des plus modernes ; les grosses machines, tels que les tours, perceuses radiales, cisailles, machines à bois sont actionnées par des moteurs électriques indépendants.

Garage pour tracteur. — Un garage pour le tracteur pétroléo-électrique de secours est construit à proximité de l'atelier. Il possède une fosse de visite et un réservoir à essence avec appareil de manipulation du système Mauclaire.

Services de l'hygiène et laboratoire. — Les services hygiéniques de l'usine sont réunis dans un bâtiment couvert en terrasse, accolé au pignon définitif de la chaufferie. Ils comprennent six postes de douches, un vestiaire et des lavabos, un réfectoire, une infirmerie et autres commodités.

Le laboratoire de l'usine est installé dans ce même bâtiment. Le chauffage de ces locaux est assuré par une circulation de vapeur basse pression obtenue dans une chaudière chauffée par un serpentin haute pression, branché sur les conduites de vapeur de la chaufferie.

Batiment d'administration. — Le bâtiment d'administration est construit sur le terrain de l'usine en bordure de la route.

Fig. 16. — Vue générale de la cité ouvrière.

Le logement du concierge fait corps avec ce bâtiment qui est couvert en terrasse.

Les locaux sont chauffés par une circulation d'eau chaude avec chaufferie indépendante établie dans le sous-sol dont l'installation a été confiée à MM. Delegrande Gruet de Roubaix.

Cité ouvrière. — La cité ouvrière, dont la figure 16 donne une vue générale, est disposée de l'autre côté de la route d'accès à l'usine. Elle comporte 10 maisons à 4 logements et 5 maisons à 2 logements. Chacun des logements dispose d'un jardin de 700 à 800 m².

Réseau de distribution. — La distribution de l'énergie produite dans la centrale de Comines, ainsi que l'on peut s'en rendre compte sur le plan de la figure 17, s'effectue par l'intermédiaire :

1° D'un réseau à 45 000 v reliant la centrale aux postes de transformation de Roubaix, Tourcoing et la Madeleine.

2° D'un réseau à 10 000 v, alimenté par ces derniers postes.

Réseau à 45 000 volts. — Le réseau à 45 000 v assure la fourniture du courant en provenance de la centrale de Comines aux régions suivantes :

1° A la région Roubaix-Tourcoing par une ligne aérienne d'une longueur de 14 km environ, reliant la centrale au poste de coupure A établi en un point voisin du Château d'eau (territoire de Mouveaux) au nord de la route départementale n° 27.

De ce poste, partent deux canalisations souterraines, la première aboutissant au poste de transformation de Roubaix, situé rue Centrale, la deuxième au poste de transformation de Tourcoing construit à proximité de l'usine municipale d'électricité de cette ville.

Le poste de coupure A est, d'autre part, relié par une ligne aérienne C au poste de coupure E. E. N. F. (Energie électrique du Nord de la France), de Wasquehal, lequel permet un échange de courant d'une part de la centrale de Comines avec le super-réseau par l'intermédiaire du poste Etat de Wasquehal et, d'autre part, de la centrale de Comines avec la centrale de Wasquehal par l'intermédiaire d'un poste de transformation dont l'installation éventuelle est prévue à l'intérieur de l'usine.

2° A la région lilloise par une ligne aérienne d'une

Digitized by Google

longueur de 12 km environ, partant de la centrale pour aboutir au poste de coupure B' lequel est situé en un point voisin de Rouges-Barres au nord de la route départementale n° 27. De ce poste part une canalisation souterraine aboutissant au poste de transformation de la Madeleine.

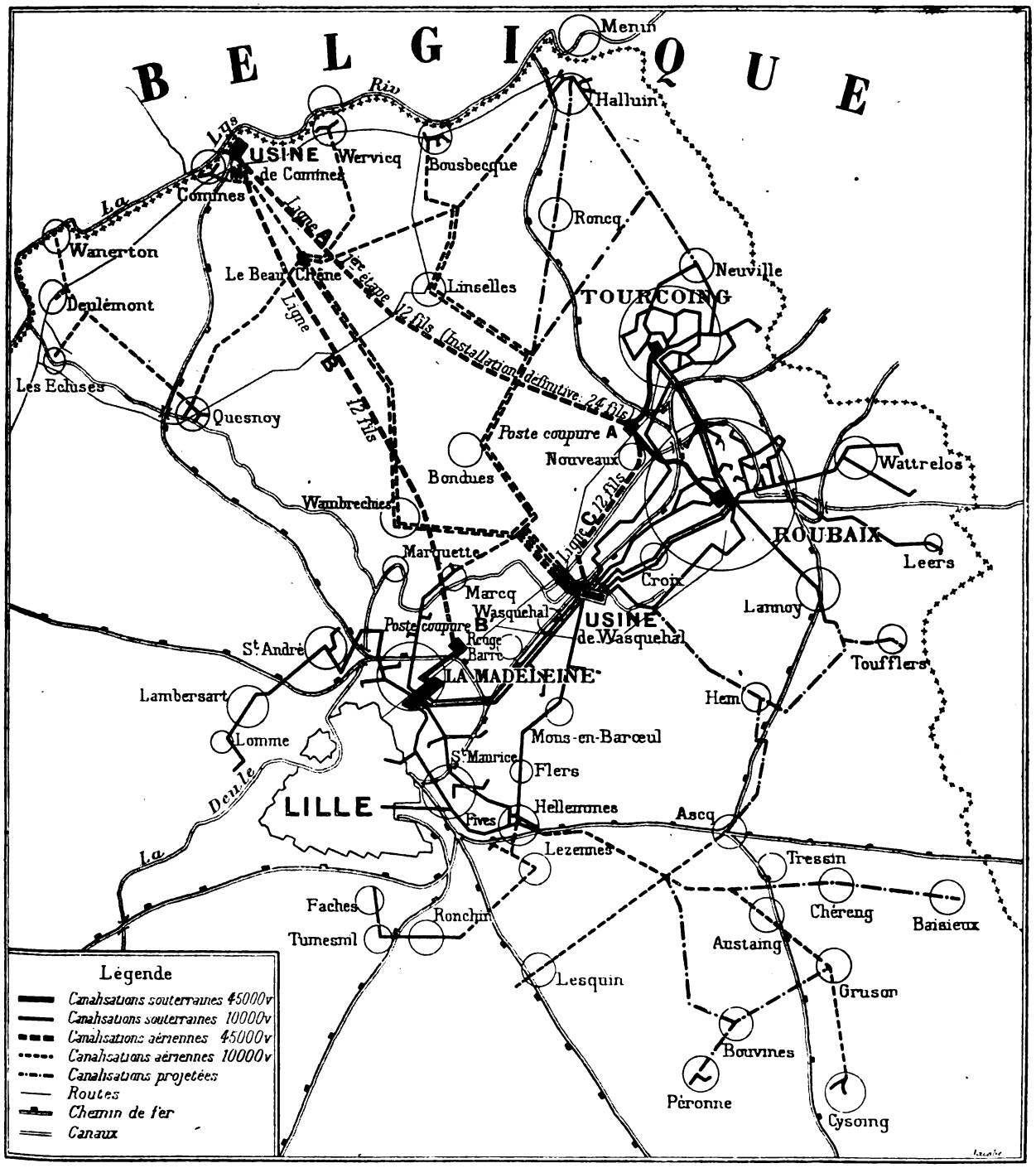


Fig. 17. — Plan général du réseau de distribution de la Société L'Energie électrique du Nord de la France.

3° Au super-réseau par une ligne aérienne Etat aboutissant au poste de coupure Etat situé près de Marquette.

On envisage la construction prochaine de deux nouvelles lignes aériennes destinées à relier l'usine de Comines, la première avec la région d'Halluin,

Digitized by Google

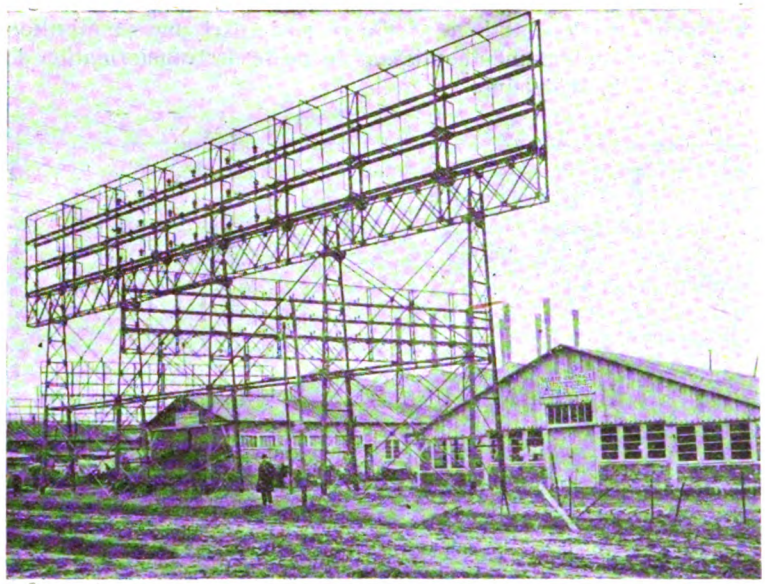


Fig. 18. — Vue des portiques prévus pour supporter trois nappes de 16 conducteurs.

la deuxième avec la région Quesnoy-Deulemont.

Au départ de l'usine de Comines, toutes les lignes aériennes ci-dessus mentionnées suivent la même direction sur un parcours de 700 m environ.

Elles reposent sur des portiques prévus pour supporter seize lignes étagées en trois nappes de seize conducteurs (fig. 18). Tous ces portiques ont été construits par la maison Baudon.

Au point M (fig. 17), ces lignes se séparent pour se diriger vers les régions qu'elles doivent desservir.

Lignes aériennes A_1 A_2 desservant la région Roubaix-Tourcoing. — La première étape comporte l'installation d'une seule ligne A_1, la ligne A_2 devant faire l'objet d'une deuxième étape.

Ces lignes, à partir du point M, traversent le territoire des communes de Werwicq, Linselles, Bondues, suivent ensuite la route nationale n° 17 et pénètrent sur le territoire de la commune de Nouveaux pour arriver au poste de coupure A.

Chacune de ces lignes comporte douze conducteurs en cuivre d'une section de 105 mm² chacun.

Ces conducteurs sont supportés par des pylônes du type treillis métallique (fig. 19). La portée normale entre appuis est de 65 m environ. Tous les pylônes sont ancrés dans des massifs en béton.

Ligne aérienne B desservant la région lilloise. — Du point M, la ligne B se dirige à travers la commune de Linselles en divergeant des deux précédentes, pénètre ensuite sur les territoires de Wambrechies, Marquette, Marcq en Bareuil, pour aboutir au poste de coupure B'.

Cette ligne comprend six conducteurs en cuivre d'une section de 105 mm² chacun.

Les pylônes supportant ces conducteurs, également en treillis métallique, ont leur base ancrée dans des massifs en béton.

Ligne aérienne Etat Comines-Marquette. — Cette ligne parallèle à la ligne B, aboutit au poste Etat de Marquette par l'intermédiaire duquel peut s'effectuer l'échange de courant entre la centrale de Comines et le super-réseau Valenciennes-Lomme. Elle comporte six conducteurs supportés par des pylônes en treillis métallique.

Ligne aérienne C reliant le poste de coupure A au poste E. E. N. F. de Wasquehal. — La ligne C traverse les territoires des communes de Nouveaux et Wasquehal. Elle comprend six conducteurs en cuivre d'une section de 105 mm² reposant sur des isolateurs fixés à des pylônes identiques à ceux de la ligne B.

Particularités des lignes aériennes. — Les lignes aériennes sont disposées en trois nappes horizontales comportant chacune deux conducteurs pour les pylônes à six fils et quatre conducteurs pour les pylônes à douze fils. La distance horizontale de deux conducteurs est de 1,25 m au minimum et la distance verticale entre

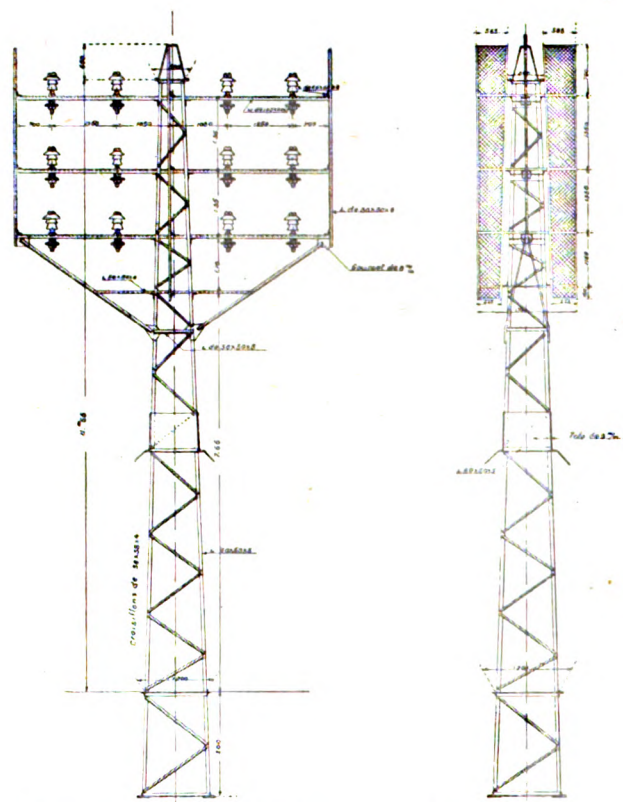


Fig. 19. — Vue en élévation et en profil d'un pylône à 12 fils.

Digitized by Google

deux nappes est de 1,35 m. Tous ces pylônes ont été exécutés par la maison Baudon.

Les conducteurs en cuivre nu sont composés de

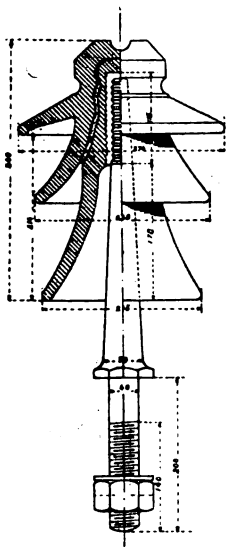


Fig. 20. — Vue en coupe d'un isolateur à 45 000 v.

dix-neuf fils de 2,65 mm de diamètre correspondant à une section de 105 mm², dont les différents tronçons sont reliés entre eux par des manchons de jonction système Pairard (1).

Ils reposent sur des isolateurs à triple cloche éprouvés à une tension de 140 000 v sans que l'arc ne s'amorce à sec.

A la partie supérieure des pylônes est fixé, par des mâchoires métalliques, le fil de terre, constitué par un câble en acier doublement galvanisé, de 35 mm² de section longeant chaque ligne sur tout le parcours.

Poste de coupure A. — Le bâtiment comporte deux étages (fig. 21). Il mesure 26 m de longueur (en première étape), 16,50 m de largeur et 16,50 m de hauteur. On envisage son extension en deuxième étape. L'ossature est en béton armé et l'ensemble est couvert par un comble métallique.

Ce bâtiment renferme, au rez-de-chaussée, les disjoncteurs pour arrivées et départs 45 000 v, le tableau de contrôle et de manœuvre, les départs souterrains et la salle des accumulateurs ; au premier étage, les barres de distribution et, au deuxième étage, les appareils de protection.

Schéma de distribution. — Le courant sous la tension de 45 000 v est dirigé sur les barres de distribution par quatre arrivées aériennes pouvant transmettre chacune 15 000 kw (fig. 22).

Ces arrivées sont protégées contre les décharges atmosphériques et les surtensions, par des parafoudres à cornes et des résistances liquides.

Elles sont munies chacune d'un disjoncteur. Trois sectionneurs unipolaires à commande par perche placés sur le circuit de chaque jeu de barres en permettent l'alimentation.

La protection de chaque jeu de barres est assurée par des bobines d'écoulement.

Les barres de distribution alimentent quatre départs dont deux souterrains et deux aériens, savoir : un départ souterrain vers le poste de transformation de Roubaix ; un départ souterrain vers le poste de transformation de Tourcoing ; deux départs aériens vers le poste de coupure de la société L'Energie électrique du Nord de la France (E. E. N. F) à Wasquehal. On envisage l'installation ultérieure de deux autres départs souterrains, l'un vers Roubaix, l'autre vers Tourcoing.

Chaque départ est muni d'un disjoncteur et peut être connecté avec l'un des deux jeux de barres par trois sectionneurs unipolaires à commande par perche.

On envisage l'installation sur chacun des départs souterrains, à proximité des boîtes de jonction, de condensateurs à mica ayant pour but d'empêcher les phénomènes de réflexion d'ondes susceptibles de se produire à l'entrée des câbles. Chaque départ comporte quatre câbles unipolaires sous plomb dont un de secours.

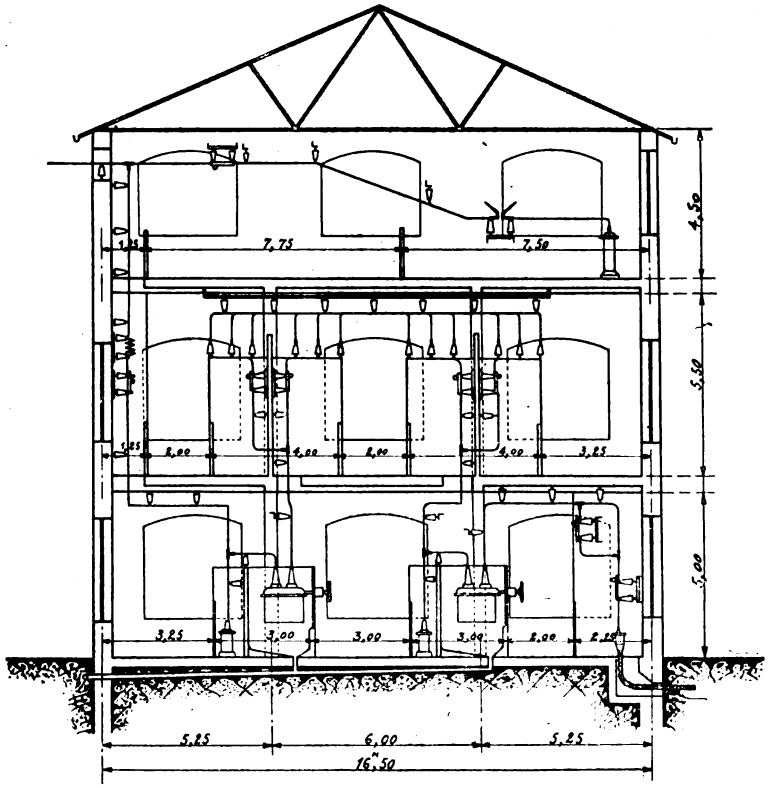


Fig. 21. — Coupe transversale du poste de coupure A.

(1) *R. G. E.*, 10 juin 1922, t. XI, p. 867-868.

Digitized by Google

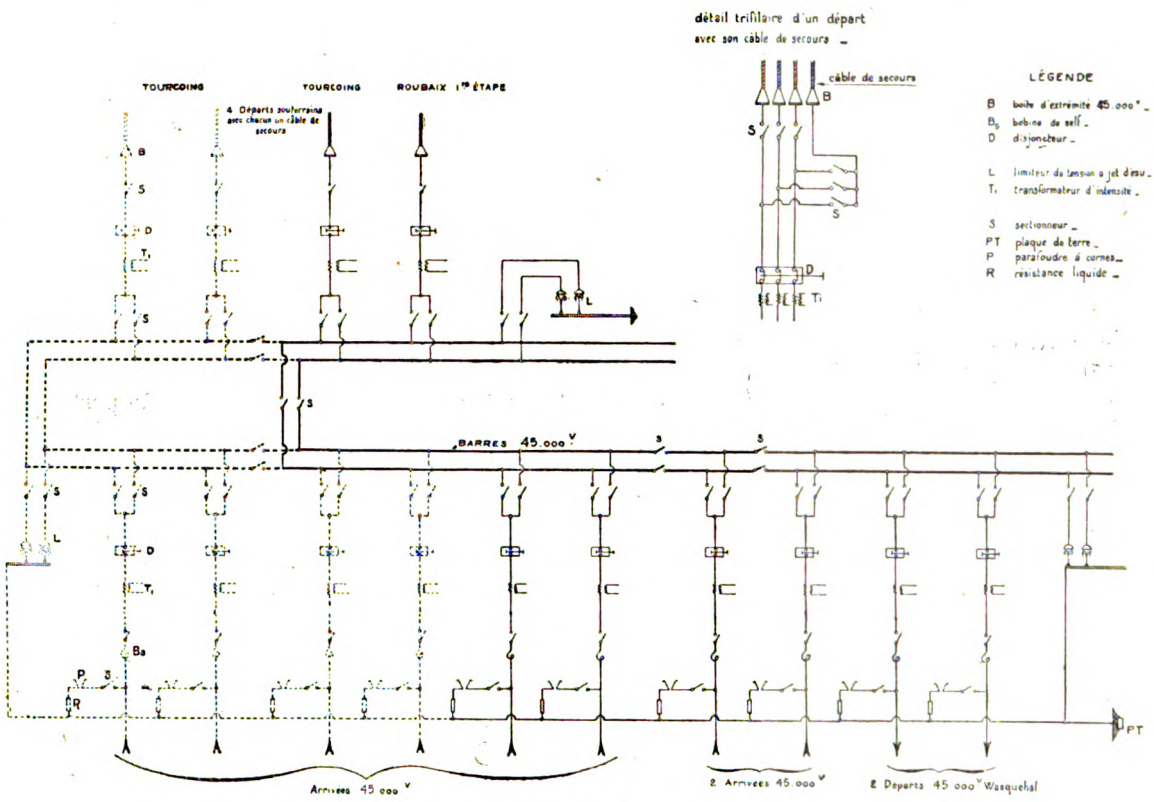


Fig. 22. — Schéma unifilaire du poste de coupure A.

Les départs aériens, comme les arrivées, sont protégés contre les décharges atmosphériques et les surtensions par des parafoudres à cornes et des résistances liquides.

Poste de coupure B'. — Le bâtiment comporte deux étages et mesure 9 m de longueur (première étape), sur 16 m de largeur et 15,75 m de hauteur (fig. 23). On envisage son extension en deuxième étape. Il est construit en charpentes métalliques avec remplissage en briques.

La distribution des appareils aux différents étages est la même que pour le poste A.

Schéma de distribution. — Le courant sous la tension de 45 000 v est dirigé sur les barres de distribution par deux arrivées aériennes pouvant transmettre chacune 15 000 kw (fig. 24).

Les protections contre les décharges atmosphériques, les surtensions et les charges statiques sont identiques à celles qui ont été prévues pour le poste A. Il en est de même pour les connexions des arrivées et départs, aux barres de distribution.

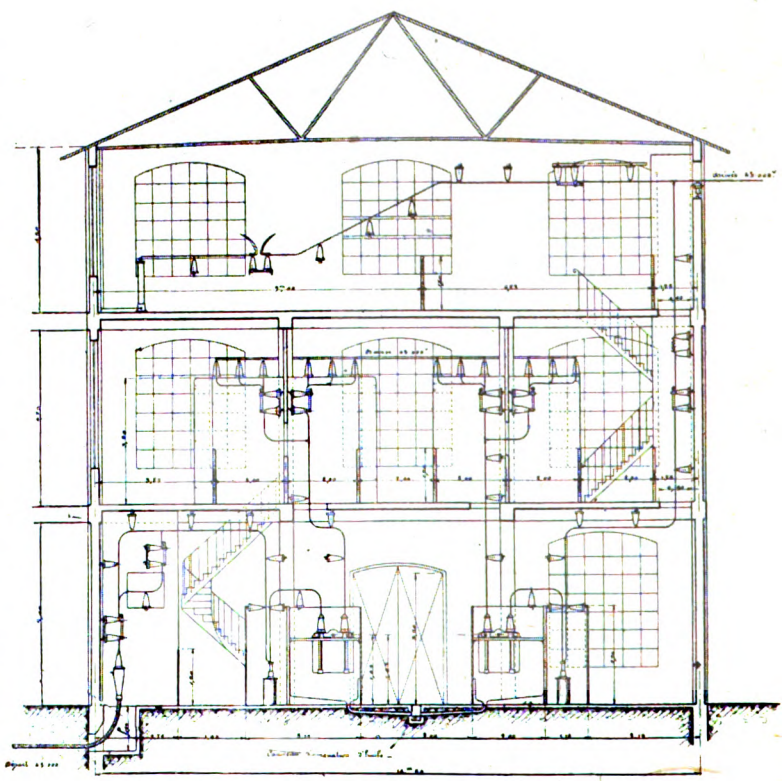


Fig. 23. — Coupe transversale du poste de coupure B'

Digitized by Google

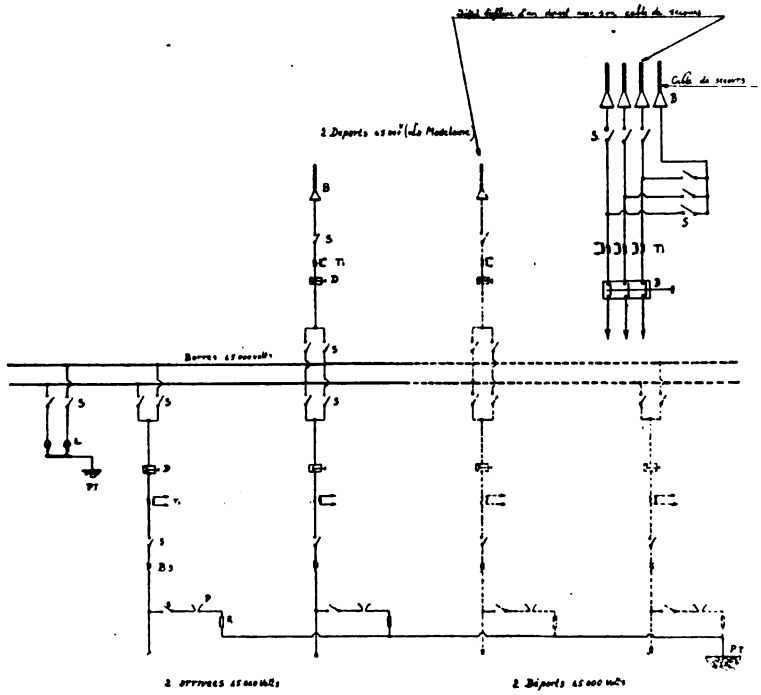


Fig. 24. — Schéma unifilaire du poste de coupure B

La première étape comporte un seul départ souterrain se dirigeant vers le poste de transformation de la Madeleine. On prévoit l'installation ultérieure d'un deuxième départ souterrain dans la même direction.

Réseau souterrain a 45 000 v. — Ce réseau comprend : 1° Une canalisation souterraine reliant le poste de coupure A au poste de transformation de Roubaix, d'une longueur de 3,5 km et constituée par quatre câbles unipolaires d'une section, de 340 mm², dont un de secours.

2° Une canalisation souterraine reliant le poste de coupure A au poste de transformation de Tourcoing, elle mesure 2,350 m de longueur et comporte quatre câbles de 150 mm² de section, dont un de secours.

3° Une canalisation souterraine reliant le poste de coupure B' au poste de transformation de la Madeleine, d'une longueur de 1,650 km et constituée également par quatre câbles de 150 mm² de section, dont un secours.

On envisage l'installation ultérieure d'une deuxième canalisation identique dans chacune des directions ci-dessus indiquées. Les câbles souterrains fournies par la canalisation électrique de Saint-Maurice sont composés d'une âme en cuivre isolé à la cellulose. Ils sont desséchés dans le vide et imprégnés de matière isolante jusqu'à l'âme conductrice, puis mis sous un tube de plomb sans soudure et appliqué à la chaud àpresse hydraulique. ce tube est recouvert d'abord d'un enduit isolant, puis de deux couches en papier goudronné le tout protégé par une couche de filin enduit d'une composition spéciale.

Tous ces câbles ont été essayés au laboratoire sous la tension de 80 000 v pendant cinq minutes.

Ils sont posés dans des caniveaux en béton comme il est indiqué figure 25.

La disposition adoptée pour ces câbles est la suivante (fig. 26) :

Trois câbles parallèles sont situés dans un même plan, les deux câbles extrêmes étant également espacés du câble central.

Deux croisements sont effectués au 1/3 et aux 2/3 de leur longueur suivant une permutation circulaire, de telle sorte que, sur l'ensemble du parcours, chaque câble occupe successivement les trois positions relatives : droite, milieu et gauche.

Le quatrième câble, dit de secours, sans croisement sur toute sa longueur, est situé dans un plan perpendiculaire au plan des trois câbles et passant par le câble central (fig. 27). Son écartement du câble central est le même que celui qui existe entre ce dernier câble et les câbles extrêmes.

Une telle disposition conserve à la ligne les avantages de l'emploi des câbles triphasés. Quelle que soit, en effet, la combinaison adoptée des quatre câbles, trois à trois, pour la constitution de la ligne, tous les coefficients d'induction des divers conducteurs sont égaux entre eux. La ligne reste donc toujours équilibrée; de plus, la tension

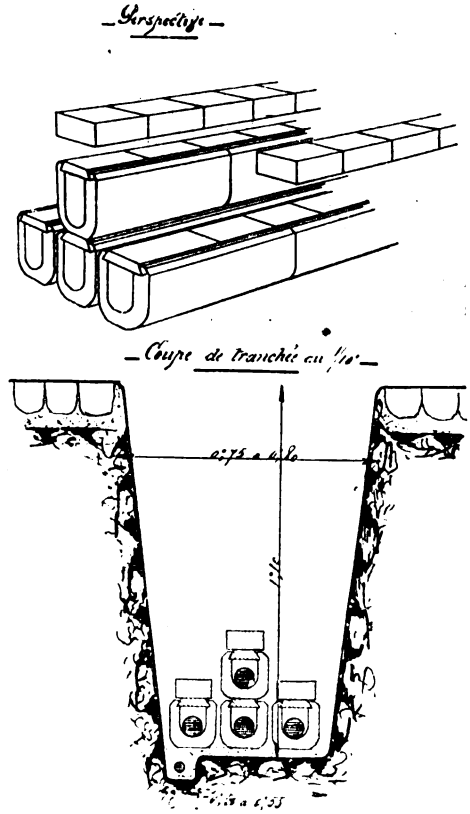


Fig. 25. — Types de caniveaux en béton pour ligne souterraine à 45 000 v.

Digitized by Google

induite soit sur l'âme en cuivre, soit sur la gaine de plomb pour la totalité du quatrième câble hors service, est automatiquement nulle.

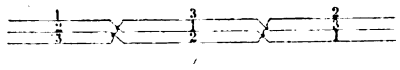


Fig. 26. — Vue schématique de la disposition des trois câbles pour que le système triphasé reste équilibré.

Poste de transformation de Roubaix. — Le bâtiment comporte deux étages et mesure 23 m de

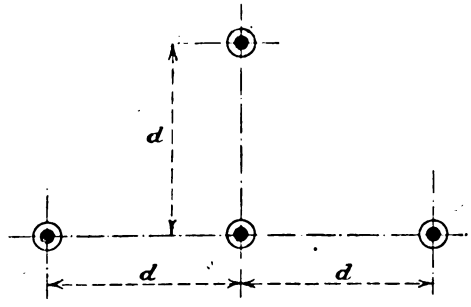


Fig. 27. — Vue schématique de la disposition des quatre câbles.

longueur (première étape), sur 20 m de largeur et 18,15 m de hauteur (fig. 28). On envisage l'extension en deuxième étape. Il est construit en béton armé et couvert en terrasse.

Aménagement électrique. — La distribution des appareils est la suivante :

1° *Rez-de-chaussée.* — Au rez-de-chaussée, se trouvent quatre transformateurs triphasés 5 000 kv-a, 45 000/10 500 v renfermés chacun dans une cellule spéciale.

La manutention de ces appareils est assurée par un lorry transbordeur se déplaçant sur un chemin de roulement situé dans un couloir longeant les cellules.

De l'autre côté du couloir, se trouvent le hall de démontage des transformateurs, un petit atelier et la salle des accumulateurs.

En arrière des cellules des transformateurs, sont installés les disjoncteurs basse tension, le tableau de contrôle et les départs souterrains.

On prévoit l'installation ultérieure de quatre transformateurs de même puissance.

2° *Premier étage.* — Le premier étage est réservé aux disjoncteurs à haute tension des arrivées aux transformateurs.

3° *Deuxième étage.* — Au deuxième étage, se trouvent les barres de distribution.

Schéma de distribution. — Le courant sous la tension de 45 000 v en provenance du poste de coupure A, est dirigé sur le double jeu de barres de distribution par l'intermédiaire d'un disjoncteur et de deux jeux de trois sectionneurs unipolaires (fig. 29). Sur ce circuit, sont placées des bobines de réactance; un jeu de trois sectionneurs permet, en cas de besoin, de remplacer un câble avarié par un câble de secours.

Sur les barres de distribution, à titre de protection, il a été installé des limiteurs à jet d'eau. Ces barres alimentent chaque transformateur par deux jeux de sectionneurs identiques aux précédents et un disjoncteur.

Les bornes basse tension de chaque transformateur sont reliées à un départ souterrain à la sous-station de Roubaix par un disjoncteur 10 000 v et 3 sectionneurs unipolaires. Sur la toiture du bâtiment, il a été installé un réfrigérant pour le refroidissement des eaux de circulation des transformateurs et un dispositif de détartrage de ces eaux en vue d'éviter les incrustations à l'intérieur des serpentins.

Les huiles sales retirées des transformateurs principaux et des transformateurs de mesure ainsi que des disjoncteurs, sont amenées dans une cuve par des canalisations établies à cet effet.

Cette cuve sert également à recueillir les huiles destinées aux divers appareils avant d'en effectuer le filtrage et le séchage pour les transvaser dans une cuve voisine d'où elles sont reprises pour l'usage auquel elles sont destinées.

Les deux cuves en question ont été disposées dans le sol de l'atelier dont il a été parlé plus haut.

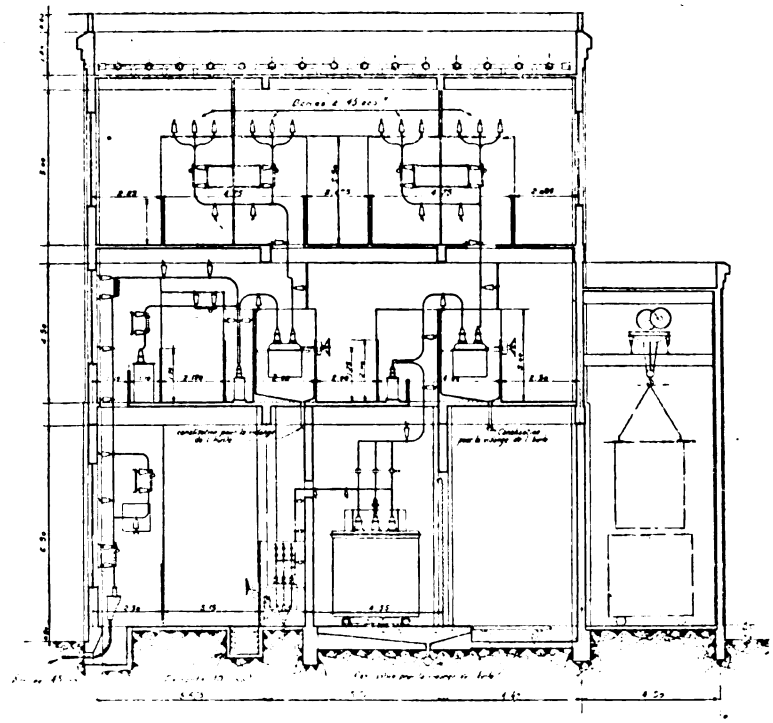


Fig. 28. — Coupe transversale du poste de transformation de Roubaix.

Digitized by Google

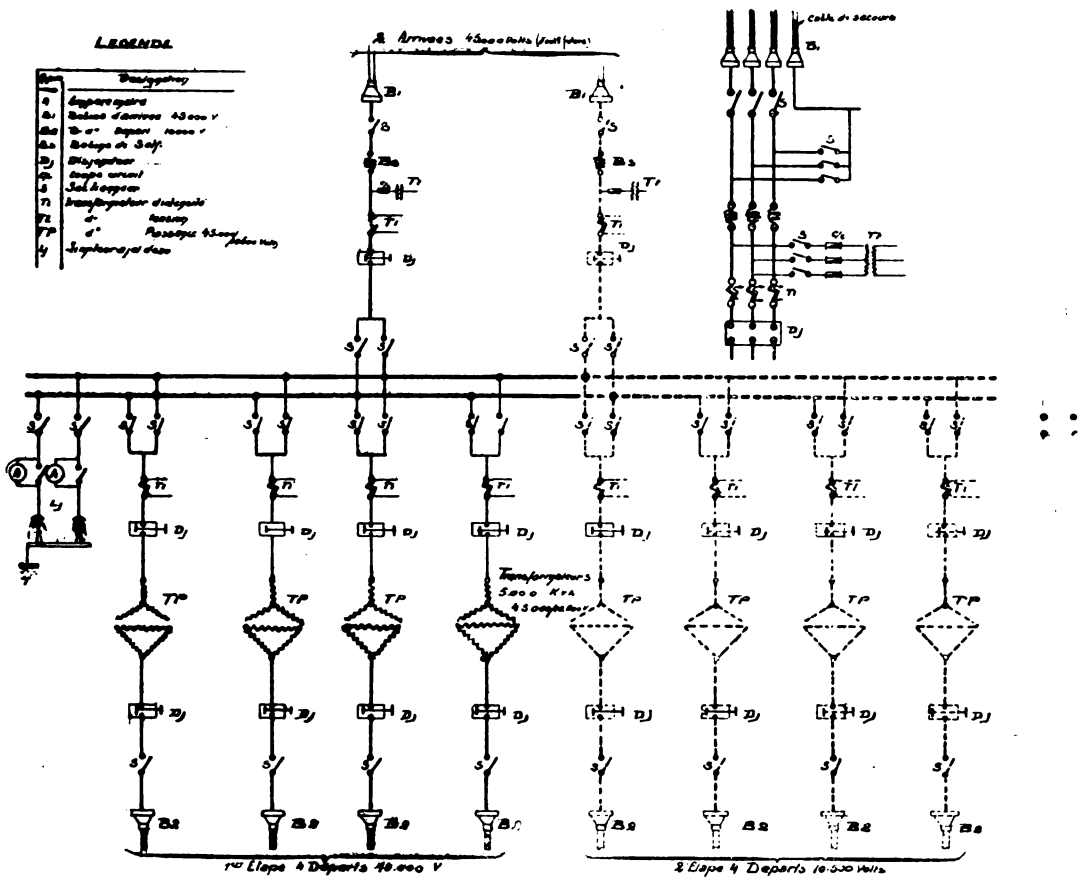


Fig. 29. — Schéma unifilaire du poste de transformation de Roubaix.

Poste de transformation de Tourcoing. — Le bâtiment ne comporte qu'un seul étage. Ses dimensions sont les suivantes :

Longueur, 18 m; largeur, 14 m; hauteur, 12 m. Il est construit en ciment armé et couvert en terrasse (fig. 30).

Aménagement électrique. — Ce bâtiment est ainsi disposé :

1° *Rez-de-chaussée.* — Deux transformateurs triphasés 5 000 kv-a, 10 500/45 000 v renfermés chacun dans sa cellule respective, les disjoncteurs et les barres basse tension, le tableau de contrôle et de manœuvre, la salle des accumulateurs, les arrivées et départs des câbles souterrains.

Il est prévu l'installation ultérieure de deux autres transformateurs de même puissance.

2° *Premier étage.* — Les disjoncteurs haute tension et les barres de distribution.

Un chariot roulant pouvant se déplacer au-dessus des cellules des transformateurs permet d'effectuer la visite de ces derniers appareils.

Schéma de distribution. — Le courant sous la tension de 45 000 v en provenance du poste A est dirigé sur le jeu de barres haute tension par un disjoncteur et trois sectionneurs à commande par perche. Des bobines de

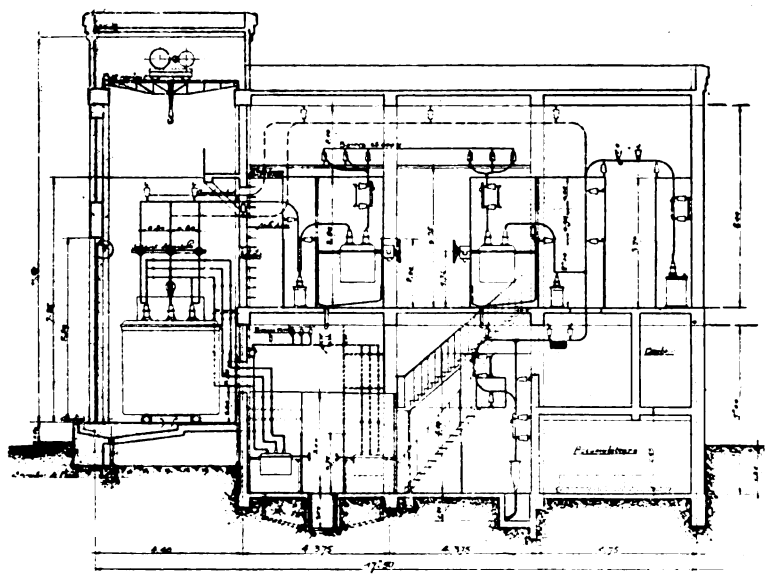


Fig. 30. — Coupe transversale du poste de transformation de Tourcoing.

Digitized by Google

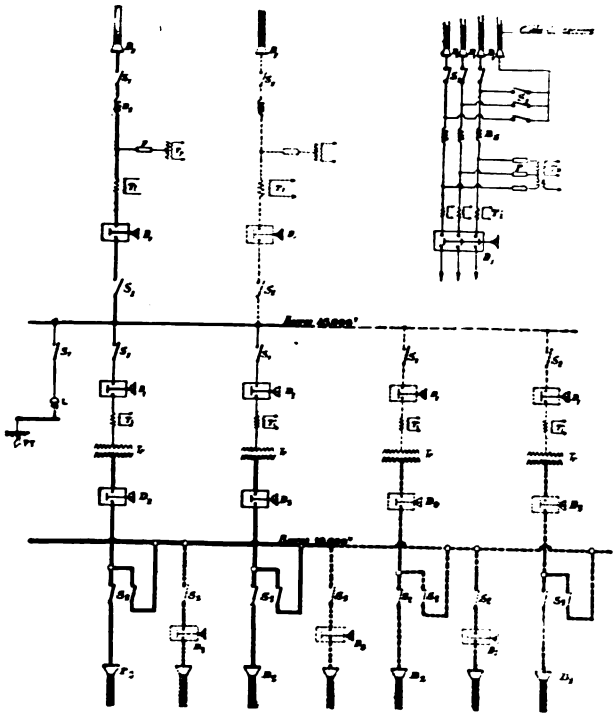


Fig. 31. — Schéma unifilaire du poste de transformation de Tourcoing.

self-induction sont installées sur ce circuit (fig. 31).

Un jeu de trois sectionneurs unipolaires permet de remplacer, en cas de besoin, un câble avarié par le câble de secours.

Sur les barres de distribution il a été également prévu, à titre de protection, des limiteurs à jet d'eau.

Les barres haute tension de chaque transformateur sont reliées aux barres de distribution par un disjoncteur et trois sectionneurs unipolaires à commande par perche.

Un disjoncteur 10000 v, branché sur les bornes basse tension de ce transformateur, permet d'alimenter soit l'usine municipale de Tourcoing, par câble souterrain, soit les barres de distribution à 10000 v à l'aide de trois sectionneurs.

Ces dernières barres alimentent, chacune, des départs souterrains E. E. N. F. 10 000 v par l'intermédiaire de trois sectionneurs unipolaires à commande par perche et un disjoncteur 10 000 v.

Des dispositions identiques à celles adoptées pour le poste de transformation de Roubaix ont été réalisées pour la protection des transformateurs, le traitement des eaux de circulation ainsi que pour les huiles des transformateurs et disjoncteurs.

Poste de transformation de la Madeleine. — Le bâtiment (fig. 32) a deux étages et mesure 16 m de longueur (1re étape), sur 17,50 m de largeur et 16 m de hauteur. Il est construit en ciment armé et couvert en terrasse (fig. 33). On envisage son extension en deuxième étape.

Aménagement électrique. — La distribution des appareils est la suivante :

1° *Rez-de-chaussée.* — Au rez-de-chaussée sont installés : deux transformateurs triphasés 5000 kv-a, 10500/15000 v placés chacun dans sa cellule respective, les barres de distribution basse tension, les disjoncteurs 10500 v pour départs souterrains, les panneaux de contrôle et de manœuvre, les arrivées souterraines et la batterie d'accumulateurs ;

(On a réservé l'emplacement pour l'installation de trois autres transformateurs de même puissance) ;

2° *Premier étage.* — Au premier étage sont placés les disjoncteurs 15000 v ;

3° *Deuxième étage.* — Au deuxième étage se trouvent les barres de distribution haute tension.

Une cabine spéciale munie d'un chariot roulant avec treuil de levage a été prévue afin d'assurer la visite et le démontage des transformateurs.

Schéma de distribution. — Le courant sous la tension de 15000 v en provenance du poste de coupure B' est dirigé sur un double jeu de barres de distribution par l'intermédiaire d'un disjoncteur et de deux jeux de trois sectionneurs unipolaires à commande par perche, sur ce circuit, sont installées des bobines de self-induction (fig. 34).

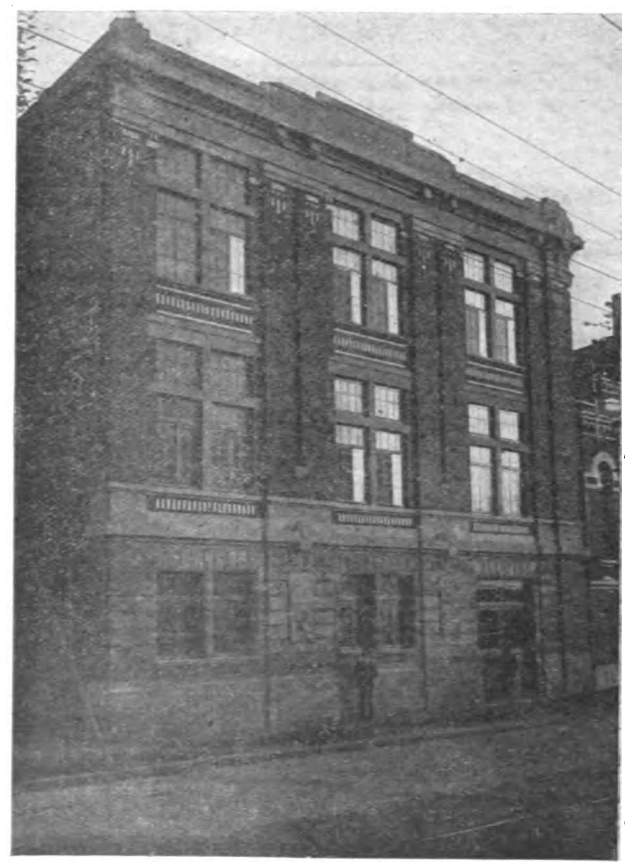


Fig. 32. — Vue du poste de transformation de la Madeleine.

Digitized by Google

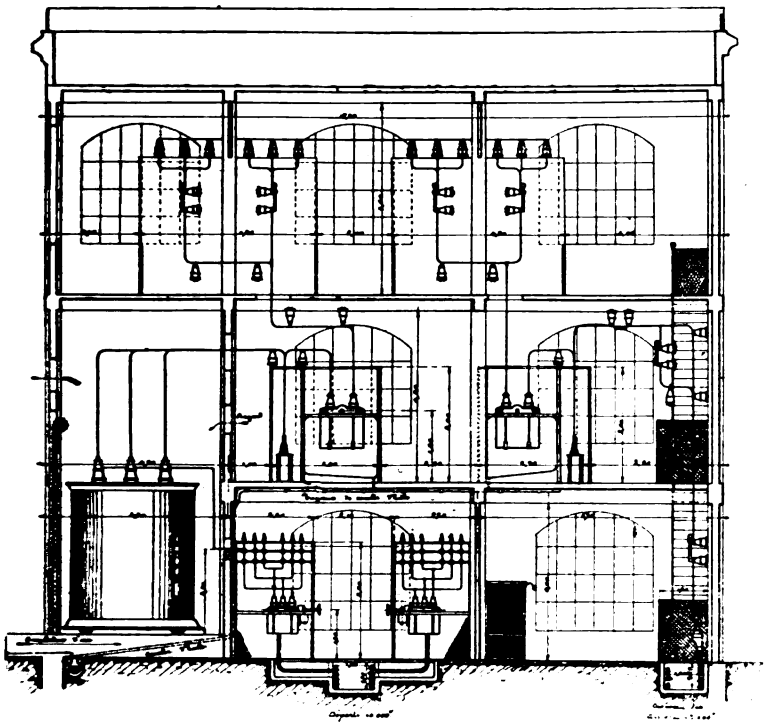


Fig. 33. — Coupe transversale du poste de transformation de la Madeleine.

Un jeu de trois sectionneurs unipolaires permet de remplacer, en cas de besoin, un câble avarié par le câble de secours.

Sur les barres de distribution, sont branchés des limiteurs à jet d'eau.

Chaque transformateur reçoit le courant des barres haute tension par l'intermédiaire de deux jeux de trois sectionneurs unipolaires et un disjoncteur 45 000 v.

Des bornes basse tension de chaque transformateur, le courant est dirigé par l'intermédiaire d'un disjoncteur 10 000 v, soit vers la sous-station de la Madeleine en manœuvrant trois sectionneurs unipolaires, soit sur le double jeu de barres de distribution à 10 000 v par la fermeture d'un double jeu de trois sectionneurs unipolaires.

Ces barres de distribution alimentent les départs E. E. N. F. à 10 500 v par un double jeu de trois sectionneurs unipolaires et un disjoncteur.

On a adopté pour ce poste les mêmes dispositions que pour les postes précédents, en vue d'assurer la protection des transformateurs, le refroidissement et l'épuration non seulement des eaux de circulation des transformateurs, mais encore des huiles des transformateurs et disjoncteurs.

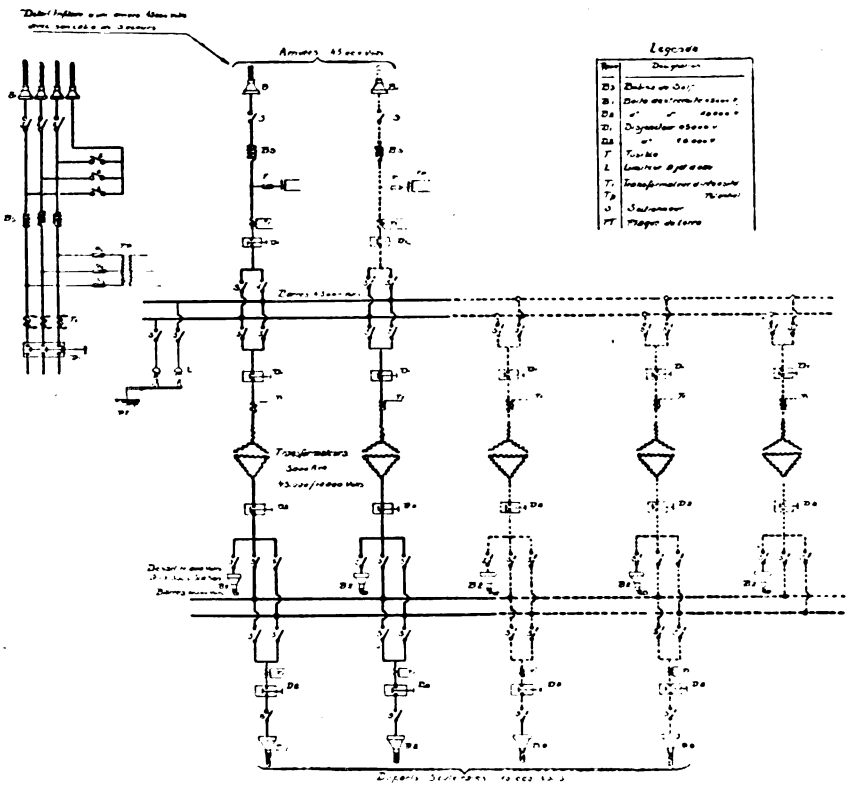


Fig. 34. — Schéma unifilaire du poste de transformation de la Madeleine.

Remarques générales. — Les études, la construction et l'équipement de la centrale de Comines, des réseaux et postes, ont été réalisés par la Société générale d'Entreprises.

Malgré les conditions défavorables résultant de la situation de l'usine dans une région dévastée, les travaux menés activement ont pu être achevés en deux ans.

D'autre part, il y a lieu de remarquer que la centrale de Comines, qui vient d'être décrite est, par sa puissance, la seconde centrale thermique de France.

J. Reyval.

Digitized by Google

Sur les méthodes d'essai de dureté des corps

Après avoir exposé les mérites et les inconvénients des procédés utilisés antérieurement pour l'essai de dureté des corps, notamment du procédé de Brinell qui a joui jusqu'ici d'une vogue universelle, l'auteur donne la définition d'un coefficient de dureté dynamique dont l'idée est absolument nouvelle et qui est défini par le rapport de la pression moyenne exercée par une bille pendant la phase de pénétration à la surface de la cavité creusée pendant cette phase. Il décrit trois méthodes pratiques pour déterminer la dureté suivant cette conception inédite : celle de la trace, celle de la durée du choc et celle de la résistance électrique du contact ; il termine par la publication de quelques résultats numériques intéressants.

I. **Historique et définitions.** — La dureté d'une substance est caractérisée par l'effort à exercer sur un autre corps pour qu'il pénètre dans la substance. Elle dépend donc des conditions de la pénétration, de la forme de la cavité, de la vitesse de l'action, de la forme, de la nature et des dimensions du corps pénétrant. Sa considération est importante au point de vue industriel, il est donc utile de préciser sa signification.

Pour Seebeck (1833), la dureté est mesurée par la pression à exercer sur une pointe d'acier ou de diamant pour qu'elle commence à rayer le corps étudié. De leur côté, les minéralogistes utilisent l'échelle de Mohs (1822) dont les degrés de dureté sont définis par dix corps arbitrairement choisis. L'essai de dureté consiste à classer l'échantillon entre deux corps de l'échelle, de façon qu'il raye l'un et soit rayé par l'autre. Ces procédés ne peuvent donner rien de précis, car la rayure dépend de la pression et aussi de la vitesse du corps rayant. S'ils fournissent des indications intéressantes sur les propriétés de la surface d'un corps, par exemple, d'un cristal, ils ne renseignent guère sur le corps pris en masse, c'est-à-dire sur ce qui intéresse le plus l'industrie. Les méthodes suivantes leur sont, à ce point de vue, préférables.

Auerbach (1891) mesure la dureté d'un corps non cassant par la pression rapportée à l'unité de surface du contact entre l'échantillon bien plan et une lentille de même matière qui exerce la pression. Cette définition est employée en 1901 par Brinell, sous la forme suivante : le nombre de dureté est mesuré par le rapport $\frac{P}{S}$ de l'effort statique P qu'il faut exercer sur une bille très dure (acier, verre, silice) pour qu'elle produise, sur un échantillon immobile, une empreinte de surface S. Il s'agit d'un coefficient de *dureté statique* : on l'exprime en kilogrammes par millimètre carré (kg : mm²). L'inverse du nombre de Brinell est la *mollesse* définie comme la facilité de subir des déformations permanentes (Le Grix, Broniewski, 1913).

L'essai de Brinell est maintenant d'usage courant dans l'étude des métaux et des alliages. La bille est appuyée sur la surface du métal à essayer par un levier, un piston, un ressort, disposés de façon à développer graduellement l'effort, d'une façon continue, sans à-coup. Lorsque la charge est atteinte, la bille poursuit lentement son mouvement de pénétration dans le métal et ce n'est guère qu'après une durée qui peut atteindre cinq minutes que le diamètre de l'empreinte n'augmente plus. Il est mesuré au microscope ou avec une réglette tracée sur verre. On déduit la surface de l'empreinte en supposant celle-ci sphérique et la bille indéformable. La charge peut aller jusqu'à 3000 kg. On trouve que le nombre de Brinell n'est pas constant pour le même corps, mais varie avec la pression et les dimensions de la bille. Si on veut l'utiliser pour comparer les divers échantillons, on doit convenir d'un diamètre et d'une force de pression. On se sert d'une bille d'acier de 10 mm de diamètre sous une charge de 3000 kg. Si l'essai est fait avec d'autres caractéristiques, il exige des corrections. Celles-ci sont possibles pour certaines catégories de corps avec des formules empiriques : telle est celle de Bénédiks (1904) pour les aciers au carbone. La précision des mesures est évaluée à 3 pour 100. Elle me paraît bien élevée, car on ne tient pas compte de la déformation de la bille qui n'est pas négligeable avec les corps durs. D'ailleurs, il faut remarquer que l'écrouissage élève la dureté des corps ; le premier effet de la bille est d'écrouir l'échantillon, de sorte qu'on ne mesure pas la dureté du corps considéré, mais celle de ce corps écroui. (Hanriot. *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 1912.)

Malgré ces imperfections, l'essai de Brinell a acquis une importance considérable à propos de la réception des métaux. Il donne également des résultats intéressants dans l'étude des alliages. La *courbe de mollesse* d'un alliage, établie à proportion croissante d'un constituant, indique par sa forme s'il s'agit d'un mélange ou d'une combinaison. Avec un mélange, l'allure est régulière ; la mollesse augmente ou diminue de façon continue. Une combinaison se manifeste par un changement brusque, un point anguleux. Cette méthode d'étude peut être inférieure comme précision à certaines autres qui servent aussi pour les alliages, mais elle a sur elles l'avantage de la simplicité d'exécution. On a, d'ailleurs, cherché à augmenter cette précision. Ludwik et Meyer (1908-1909) remplacent la bille par un poinçon conique en acier trempé, dont l'angle au sommet est à 90°. Ils mesurent le diamètre de l'empreinte, d'où la surface S. Le quotient $\frac{P}{S}$ donne la dureté. Les nombres obtenus sont du même ordre que ceux de Brinell ; ils varient moins avec les dimensions et la

Digitized by Google

pression de la bille, mais la pointe s'émousse rapidement.

L'épreuve de la bille exige l'emploi d'appareils fixes qui ne permettent d'opérer que sur des échantillons détachés. Il est désirable d'opérer sur les pièces elles-mêmes en un point quelconque de leur surface. Il faut aussi pouvoir mesurer la dureté à diverses températures, ce qui élimine la pression statique comme exigeant un contact trop long avec le métal chaud. Cela semble possible avec les méthodes de choc étudiées par Guillery et Brinell (1906). Ce dernier réalise un choc correspondant à une quantité donnée d'énergie, en faisant tomber librement, d'une hauteur convenable, sur l'échantillon, un mouton qui enfonce la bille. Celle-ci a 1 cm de diamètre et une charge de 5 kg. La hauteur de chute est choisie de façon à donner, avec un acier de 0,1 pour 100 de carbone, la même empreinte qu'une pression statique de 3000 kg. (Le Chatelier. *Revue de Métallurgie*, 1906). Si on admet pour la *dureté au choc* ou *dureté dynamique* de cet acier le même nombre que pour la dureté statique, on peut comparer, pour d'autres aciers, les deux coefficients. On trouve des résultats très différents, la dureté au choc *dépasse* la dureté statique. La différence croît avec la teneur en carbone. Pour un acier à 1 pour 100, la dureté statique = 212; elle est 311 pour la dureté au choc.

En 1907, Shore proposa de comparer la dureté des métaux par le rebondissement d'une bille d'acier tombant d'une même hauteur sur les échantillons polis et fixes. Le rebondissement varie beaucoup avec l'échantillon et avec son degré d'écrouissage. Il dépend des dimensions de la bille et de la vitesse du choc. C'est donc un phénomène très complexe, dont il paraît difficile de tirer une donnée précise au sujet du nombre de dureté de Brinell. Si, pour comparer les corps, on l'emploie sans restriction, on est conduit à rapprocher le caoutchouc et l'acier. Le procédé de Shore est d'une grande simplicité; mais il ne doit être appliqué qu'aux corps ayant des propriétés physiques et chimiques voisines, aux corps d'une même catégorie comme celle des aciers.

II. **La dureté d'un corps pour le choc.** — Au cours d'une étude sur la durée du choc d'une bille tombant sur un échantillon poli et fixe, j'ai considéré un coefficient de *dureté dynamique* défini par le rapport de la pression moyenne exercée par la bille pendant la première phase du choc ou phase de pénétration, à la surface de la cavité creusée pendant cette phase (*Annales de Physique*, 1920). Ce coefficient résulte d'un phénomène plus complet que le nombre de Brinell, car il correspond à la déformation *totale* produite par une force et non pas seulement à la cavité résiduelle, considérée dans l'essai statique ou dynamique de Brinell. La pénétration de la bille est envisagée dans sa totalité et non pas seulement dans ce qui subsiste après la cause. L'expérience montre que ce coefficient est plus constant que l'autre, qu'il ne varie pas avec les dimensions de la bille et la vitesse du choc, si celles-ci ne sont pas trop considérables.

Pour sa mesure, trois méthodes sont possibles dont deux à technique très simple, celles de la trace et de la résistance électrique du contact. La troisième est plus délicate, car elle comporte la mesure de la durée d'un choc. Je développerai surtout les deux premières, la troisième ayant été décrite dans le mémoire cité.

Formules générales. — Une bille d'acier de masse m, de diamètre D, tombe verticalement avec une vitesse v sur un échantillon MN plan, poli, fixé horizontalement (fig. 1). Elle y pénètre et rebondit avec une vitesse v'.

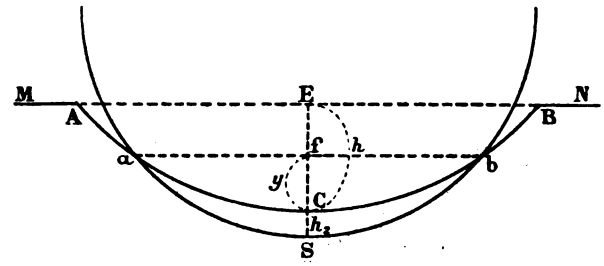


Fig. 1.

La bille n'est pas infiniment dure; elle s'aplatit de $CS = h_2$, pendant la phase de pénétration, dont la durée est τ_1. La cavité creusée dans l'échantillon est la calotte ACB qu'on peut assimiler à une calotte découpée dans une sphère de rayon D_1 supérieur à D.

Soit $EC = h$ la profondeur de la cavité. A la fin de la phase de pénétration, la bille déformée touche le corps suivant la surface aCb, en général plus petite que la cavité véritable ACB. La différence sera d'aufant plus faible que la bille sera plus dure (h_2 petit) et le corps plus mou (h grand).

Le cercle ou *trace* de contact a b a pour diamètre d et l'on pose $fC = y$. La cavité reste toujours très petite ainsi que les grandeurs h, y, h_2 et d.

Le coefficient de *dureté dynamique* B de l'échantillon est défini par le rapport de la pression $\frac{mv}{\tau_1}$ de la bille sur l'échantillon pendant la phase de pénétration τ_1, à la surface moyenne $\frac{S}{2}$ de la cavité. Soit donc S = surface ACB $= \pi D_1 h$, on a

$$B = \frac{\frac{mv}{\tau_1}}{\frac{\pi D_1 h}{2}}. \qquad (1)$$

Pendant la pénétration, la vitesse de la bille tombe de v à 0. On ne peut connaître, de façon précise, la variation de la vitesse v, mais on peut considérer une vitesse moyenne $\frac{v}{2}$ pendant la durée τ_1 de la phase et

Digitized by Google

écrire que le centre de la bille avance de $h + h_2$, soit

$$h + h_2 = \frac{v\tau_1}{2} \qquad (2)$$

La pression à exercer sur la bille pour l'aplatir de h_2 est posée égale à $\pi D h_2 B'$, où B' est un coefficient analogue à B, mais relatif à l'acier de la bille. A la fin de la pénétration, cette pression égale celle que la bille exerce sur l'échantillon soit $\pi D_1 B h$, on a

$$B'Dh_2 = BD_1 h. \qquad (3)$$

Applications. — 1° Méthode de la trace. Travail spécifique de pénétration. — Le volume V de la calotte a Sb est

$$V = \frac{\pi D (h_2 + y)^2}{2}.$$

On a d'ailleurs

$$D_1 y = D(y + h_2) = \frac{d^2}{4}.$$

On pose

$$W = \frac{1}{2} mv^2, \qquad (4)$$

$$A = \frac{W}{V};$$

on élimine h_2 et τ_1 entre les équations (1), (2), (3) et il vient

$$A = B \frac{h^2}{y^2} \left(\frac{D}{D_1} + \frac{B}{B'} \right). \qquad (5)$$

Dans le cas où la bille est très dure, h_2 étant très petit, on peut poser $D_1 = D$, $h = y$ et l'on a

$$A = B \left(1 + \frac{B}{B'} \right). \qquad (6)$$

Cette formule donne B si on connaît A et B'.

Pour mesurer A, on remarque que le volume V s'exprime en fonction de D et d par la formule

$$V = \frac{\pi d^4}{32 D}.$$

On dépose sur l'échantillon un léger voile de noir de fumée. La bille tombe en chute libre sur le corps, d'une hauteur H, d'où $W = mgH$. Le noir de fumée est enlevé par le choc, suivant la surface de contact a Cb ; le diamètre d du cercle a b est mesuré à la règle et à la loupe.

Lorsqu'il s'agit d'un échantillon qu'on ne peut enfumer, on colle à sa surface une feuille d'étain très mince (épaisseur, 1/100 mm) sur laquelle s'imprime la trace. Les dimensions de l'échantillon ne doivent pas être trop faibles, car il faut éviter les ébranlements dus au choc. J'ai adopté : longueur, 10 cm ; largeur, 5 cm ; épaisseur, supérieure à 0,5 cm. La bille est en acier très dur, à diamètre compris entre 1 cm et 2,5 cm. La hauteur de chute n'a pas dépassé 1 m.

On trouve ainsi que, pour tous les corps qui ne sont pas trop mous, quels que soient D et H, le volume V peut être représenté en fonction de W par une formule linéaire

$$V = V_0 + \frac{W}{A}.$$

1° V_0 est un volume voisin de zéro, souvent nul, qui dépend de l'état de la surface. Il correspond à une couche toute superficielle, dont la dureté apparaît comme très faible en raison des aspérités et de l'imperfection du poli.

2° A est la constante cherchée, caractéristique du corps frappé. Elle représente le travail de choc dépensé par centimètre cube de la cavité. On peut l'appeler le *travail spécifique de pénétration* de l'échantillon. Il est égal à la dureté B pour les corps *très mous* et pour tous les corps, lorsque la bille est infiniment dure de façon que $\frac{B}{B'}$ soit négligeable dans la formule (6).

Exemple d'observation. — Bloc d'acier essayé avec diverses billes de diamètre D et masse m. La hauteur de chute H est exprimée en centimètres ; W, travail de choc, en ergs ; V, en centimètres cubes.

Formule de calcul : $V_c = 5.10^{-6} + \frac{W}{270.10^8}$

$$A = 270 \times 10^8.$$

H cm	D cm	m g	d cm	W ergs $\times 10^4$	$10^6 V$ observé cm³	$10^6 V$ calculé cm³
95	2,5	63	0,275	587.10³	223,7	222
95	2	36	0,225	335	127	129
50	2,5	63	0,235	309	118,8	169
95	2,15	40	0,2	196	78,9	77
50	2,5	36	0,19	176	63,4	70
34	2,5	36	0,18	120	51	49
50	1,58	16	0,15	78,5	31,5	34
34	1,58	16	0,14	53	24	25
52,5	1,25	8,5	0,13	43,6	22	21
50	1,25	8,5	0,13	41,5	22,2	20

La dureté B' de la bille est mesurée en laissant tomber celle-ci sur une bille *identique*, de même diamètre, recouverte de noir de fumée. On observe une trace de diamètre d, d'où A. Chacune des billes est aplatie de h_2 depuis la surface de la calotte jusqu'au cercle de l'empreinte. On écrit comme avant

$$\frac{\pi D B' h_2}{2} = \frac{mv}{\tau_1},$$

Digitized by Google

avec

$$2h_2 = \frac{v\tau_1}{2};$$

d'où

$$B' = \frac{W}{\pi D h_2^2} = \frac{A}{2}.$$

Avec les billes employées, billes de roulements d'automobiles, on trouve $B' = 800.10^8$ C. G. S.

Voici les résultats obtenus avec différents corps. Dans le tableau suivant, A est exprimé en ergs par centimètre cube ; V_0, en centimètres cubes ; B, en unités de Brinell, soit en kilogrammes par millimètre carré.

	$10^6 V_0$ cm³	$10^{-8} A$ ergs par cm³	B kg : mm²
Acier (marteau)	5	270	212
Fer doux	5	171	148
Fonte dure	0	250	204
Porphyre vert	2,5	327	253
Id rouge	4	250	204
Id noir	2,5	213	175
Marbre noir	5	207	165
Cuivre rouge	10	138	122
Laiton dur	0	148	130
Laiton mou	10	71	65
Bronze d'aluminium { 400 Cu / 25 Al }	0	100	91
Etain pur	0	38,4	36
Alliages de plomb et d'étain.			
$\frac{1}{2}$ Pb, $\frac{1}{2}$ Sn	30	32,6	32
$\frac{2}{3}$ Pb, $\frac{1}{3}$ Sn	50	24,3	23
Plomb pur	0	15,6	15
Ebonite	135	12,8	12,6

Ces quelques résultats montrent que la méthode de la trace est très générale, qu'elle s'applique à des corps très divers, très inégalement durs et non pas seulement aux corps métalliques. Elle s'applique à des corps pour lesquels l'essai de Brinell n'est pas possible et dont la fragilité exclut toute pression un peu élevée.

2. Méthode de la durée du choc. — On élimine h et h_2 entre les formules (1), (2) et (3) et on pose

$$B_0 = \frac{4m}{\pi D \tau_1^2}. \tag{7}$$

Il vient

$$\frac{1}{B_0} = \frac{1}{B}\left\{\frac{D}{D_1} + \frac{B}{B'}\right\}.$$

Si D_1 diffère peu de D, on a

$$\frac{1}{B} + \frac{1}{B'} = \frac{1}{B_0}. \tag{8}$$

B_0 désigne la *dureté relative* de l'échantillon. On détermine B en mesurant B_0, c'est-à-dire τ_1, durée de la phase de pénétration. La valeur de τ_1 est déduite de la durée τ du choc de la bille sur l'échantillon, du rebondissement de celle-ci et du diamètre de la cavité résiduelle. Les formules sont détaillées dans le mémoire cité avant (*Annales de Physique*, novembre-décembre 1920).

L'observation de la durée τ du choc et du rebondissement se fait de la manière suivante : la bille B (fig. 2) est suspendue à un fil fin f de cuivre ($L = 60$ cm,

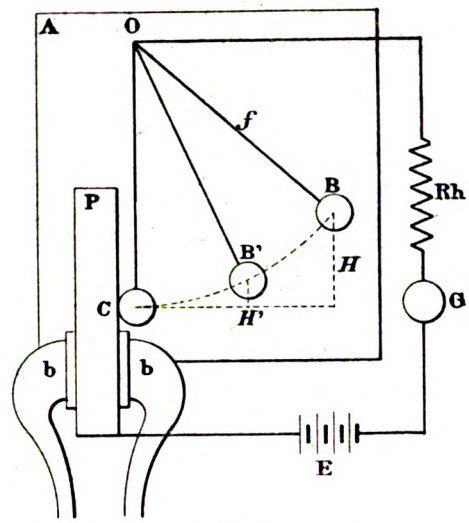


Fig. 2.

diamètre 1/10 mm) devant un tableau quadrillé vertical A. Ecartée de sa position d'équilibre et abandonnée à elle-même, elle tombe d'une hauteur H et arrive avec la vitesse $v = \sqrt{2gH}$ sur l'échantillon P disposé verticalement au bas de la course de la bille et fortement serré dans un étau dont il est isolé électriquement par des lames de mica et de bois b. La bille rebondit en B', avec une vitesse $v' = \sqrt{2gH'}$. On observe H et H' sur le tableau A. Le rebondissement est donné par le rapport $\varepsilon = \frac{v'}{v}$.

Le contact de la bille et de l'échantillon P ferme en C un circuit comprenant une pile E (100 à 200 v), un galvanomètre balistique G et une forte résistance R (50 000 à 100 000 ohms) qui permet d'éliminer la résistance propre du contact. Avec les corps *durs* tels que les aciers, la mesure ne comporte qu'une seule opération pour $v = 100$ cm. L'expérience montre qu'on a

$$\tau_1 = 0{,}85\,\alpha\tau, \tag{9}$$

où

$$\alpha = \frac{\varepsilon}{1+\varepsilon}.$$

Avec les corps mous, il faut au moins deux observa-

Digitized by Google

tions de choc avec des vitesses différentes et la mesure du diamètre de la cavité résiduelle.

En opérant avec des échantillons bien polis et une bille assez grosse ($D = 1$ cm), on a pour B des valeurs indépendantes de la bille et de sa vitesse. Elles concordent avec les valeurs déduites de la méthode de la trace. Pour les corps durs, elles sont du même ordre de grandeur que le nombre de Brinell, mais pour les corps *mous* (Pb, Sn), elles sont plus élevées. Ces corps apparaissent plus durs au choc que dans l'essai statique. La durée τ varie avec les différents corps entre 1/100 et 1/1000 sc.

3. Méthode de la résistance électrique du contact. — Quand on mesure la durée τ du contact avec l'appareil de la figure 2, on écrit

$$\frac{E\tau}{R+\rho} = g\delta, \tag{10}$$

où E est la force électromotrice de la pile ; R, la résistance du circuit, y compris celle du galvanomètre ; ρ, la résistance moyenne du contact ; g, la constante du galvanomètre ; δ, la déviation de ce galvanomètre.

Pour ne pas tenir compte de ρ, il faut prendre une résistance R élevée, comprise en 50 000 et 100 000 ohms.

Si on pose

$$\frac{1}{\delta} = x \qquad a = \frac{g}{E\tau},$$

il vient

$$x = a(R+\rho) \tag{11}$$

Pour le même choc, c'est-à-dire avec la même hauteur de chute H, on détermine x avec des valeurs croissantes de R et l'on construit la courbe x, R (fig. 3). Elle est rectiligne dans la région MN qui correspond aux résistances R supérieures à 10 000 ohms. Elle s'abaisse ensuite plus rapidement et tend vers P.

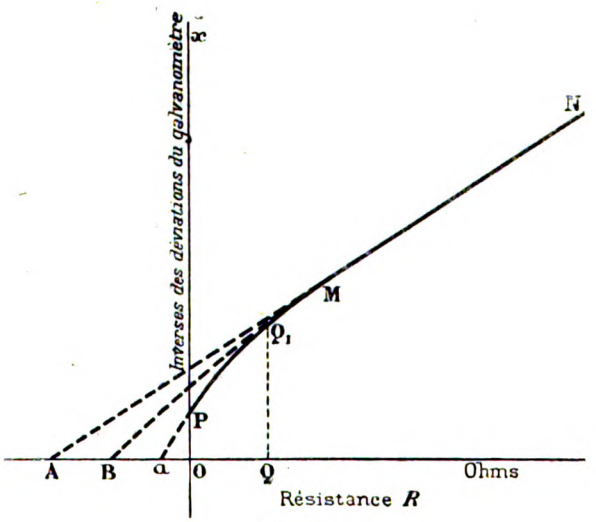


Fig. 3.

Cette courbe indique que ρ et a changent, c'est-à-dire que ρ et τ diminuent avec R. Pour une résistance extérieure OQ, la résistance ρ est OB, abscisse de la tangente BP_1 ; OA donne la résistance ρ_∞ du contact correspondant aux grandes valeurs de R ; c'est celle qui doit intervenir dans la mesure de la durée τ du choc, à moins qu'on ne fasse cette mesure avec une résistance extérieure, assez élevée pour qu'on puisse la négliger. L'abcisse OA donne la résistance ρ_p pour les faibles valeurs de R.

La variation de ρ et τ avec R s'explique aisément. Le procédé de mesure de τ consiste à évaluer la quantité d'électricité qui traverse le contact pendant le choc. Celui-ci comprend trois phases ; dans l'une, en raison des imperfections de la surface de l'échantillon, le contact électrique s'établit un peu avant que la boule ne touche réellement et ne cesse qu'un peu après ce toucher ; les aspérités superficielles jouent le rôle de pointes et le courant passe à travers une couche très mince d'air attachée à la surface. Le contact est réel pendant les deux autres phases (pénétration et sortie de la bille). Si la résistance R est comparable à celle du contact, la quantité d'électricité mesurée correspond à la période de plus faible résistance, c'est-à-dire à la durée du contact réel, car la durée du parcours de la couche d'air correspond à une résistance élevée et, par suite, à une décharge faible. Si au contraire R est considérable, c'est surtout la résistance de cette couche qui intervient et c'est la durée totale τ du choc qu'on mesure.

La résistance ρ_p est ainsi la résistance *du contact réel*. Sa mesure s'effectue en déterminant, pour des valeurs décroissantes de R à partir de 5 000 ohms, la déviation ρ du galvanomètre. La courbe en x, R est sensiblement rectiligne et l'abscisse OA donne ρ_p. Les valeurs de ρ_∞ sont comprises, suivant les échantillons, entre 5 000 ohms et 10 000 ohms. Celles de ρ_p ne dépassent pas 1 500 ohms. Elles satisfont à la loi suivante :

La résistance du contact est indépendante de la force électromotrice qui donne le courant, et de la vitesse de choc. Elle augmente à mesure que les dimensions de la bille diminuent. *Le produit de cette résistance par la durée τ_1 de la phase de pénétration est constant, quels que soient la bille et le corps frappé.*

Avec des billes d'acier de diamètre compris entre 1 cm et 2,5 cm, j'ai trouvé

$$\rho_p \cdot \tau_1 = 0{,}046, \tag{12}$$

où ρ_p est exprimé en ohms et τ_1 en secondes.

L'explication de ce résultat me paraît être la suivante : la résistance du contact est d'autant plus faible que la pression de la bille sur l'échantillon est plus forte ; suivant le contact réel, la pression est faible au début et à la fin ; donc la résistance sera la même pour les petites et les profondes cavités, c'est-à-dire qu'elle ne dépend pas de la vitesse de choc. Elle sera d'ailleurs

Digitized by Google

d'autant plus faible que la diffusion des molécules qui s'étalent au contact entre l'échantillon et la bille est plus importante, c'est-à-dire qu'elle sera inverse de la durée du choc réel pour les faibles pénétrations soit $2\tau_1$, car l'étude du choc montre que, pour ces pénétrations, les phases d'entrée et de sortie ont même durée.

De la formule (12), on déduit la dureté relative B_0. On a, d'après (7) en C. G. S,

$$B_0 = 601 . 5 . \frac{m}{D} \rho_p^2,$$

ou en unités Brinell (kg : mm²),

$$B_0 = 613 \frac{m}{D} . \rho_p^2 . 10^{-8}. \qquad (13)$$

Dans cette formule, m est la masse de la bille en grammes, D son diamètre en centimètres et ρ_p la résistance moyenne du contact en ohms. Il suffit donc de mesurer cette résistance par le procédé indiqué pour avoir B_0 et ensuite B par la formule (8).

Voici quelques résultats obtenus avec les trois méthodes : (1) méthode de la trace, (2) méthode de la durée, (3) méthode de la résistance électrique. Ils sont comparés avec les duretés statiques de Brinell tirées des recueils (Voir plus loin le tableau).

Ces résultats concordent entre eux, et à ce point de vue les trois méthodes sont équivalentes. Mais il apparaît immédiatement que la première et la troisième, celles de la trace et de la résistance électrique, sont d'une technique plus simple. La première, notamment, ne comporte qu'un appareillage très réduit, avec une seule mesure un peu délicate, celle du diamètre de la trace. C'est évidemment cette méthode qui doit être préférée lorsqu'il s'agit de corps non cassants qui peuvent supporter des chocs un peu forts. Elle donne, en outre, une autre constante le travail spécifique de pénétration, qu'on peut aussi adopter pour caractériser un corps, lorsqu'on dispose de billes très dures. Pour les corps fragiles, tels que les cristaux, c'est la troisième méthode qui sera employée, car la mesure de la résistance électrique ne comporte que de faibles chocs. Il résulte que le coefficient de dureté dynamique caractérise un corps aussi bien que le coefficient de Brinell. Sa mesure n'est pas plus difficile que l'essai statique et peut être effectuée aussi utilement que cet essai, en vue des opérations industrielles.

	I kg : mm²	II kg : mm²	III kg : mm²	B_s kg : mm²
Acier (marteau)...	212	208	206	135—222
Marbre noir.....	165	167	158	
Fer doux.....	148	153	156	
Fonte.....		140	140	164—182
Cuivre rouge.....	122	108	115	68—106
Laiton.....	65	68	66	63
Aluminium.....		54	64	38
Zinc.....		48	54	46
Etain.....		27	26	14,5
Plomb.....	15	14	14	5,7
Ebonite.....	12,6	10,4	11	
Charbon de cornue.		9	12	
Caoutchouc.....		0,35	0,39	
Liège.....		0,45	0,43	

Georges Moreau,
Doyen de la Faculté des Sciences de Rennes.

Revues, analyses et informations

Les commutatrices considérées du point de vue spécial de l'électrification des chemins de fer (1).

Le succès des entreprises d'électrification projetées (en Angleterre) dépendra, certainement, dans une large mesure, de la possibilité, pour les chemins de fer, de se procurer de l'énergie à bon marché ; cette dernière devra, en conséquence, pouvoir être produite avec un facteur de charge élevé et il sera, dès lors, nécessaire, partout où cela sera possible, d'adopter la fréquence normalement en usage dans le pays soit 50 p : s. La tension employée, pour le courant continu, sera vraisemblablement de 1 500 v. L'auteur se demande jusqu'à quel point les commutatrices de construction moderne, spécialement étudiées pour la tension et la fréquence envisagées, sont susceptibles de rendre des services du même ordre que les machines actuellement établies pour la tension courante de 600 v et les fréquences de 25, 33 et 40 p : s, qui sont, présentement, considérées comme le moyen le plus avantageux de conversion du courant pour les tramways ayant à transformer de l'énergie suivant ces caractéristiques.

On estime que la tension maximum admissible entre les lames successives du collecteur est de 13 v dans les commutatrices à haute fréquence et de 15 v dans celles construites pour une fréquence basse. Si l'on table sur une vitesse périphérique du collecteur de 1,825 m : s la tension maximum aux bornes susceptible d'être réalisée avec une commutatrice, suivant la fréquence pour laquelle la machine est établie, est donnée, approximativement, par les chiffres suivants :

Fréquence, en p : s..	15	25	33	40	50
Tension, en volts...	3500	2000	1500	1300	1000

(1) F.-P. Whitaker, *Electrician*, 3 et 24 mars 1922, t. LXXXVIII, p. 258-260 et 346-347, 7100 mots; *J. I. E. E.*, mai 1922, t. LX, p. 501-525, 20000 mots, 25 fig.

Digitized by Google

On reconnait qu'au dessus de 33 p : s. il est nécessaire, pour obtenir la tension de 1500 v. de recourir au système de deux commutatrices en série. Pour la tension de 3000 v et la fréquence 50 p : s, le groupe moteur-générateur constitue la solution la plus satisfaisante.

Le mode de construction des commutatrices pour 1500 v ne nécesite de modification notable, par rapport à celui adopté pour la tension de 600 v, qu'au point de vue des dispositions à prendre pour la protection des machines contre les conséquences des courts-circuits (production de flashs au collecteur). L'auteur décrit, à ce sujet, les dispositifs employés au North-Eastern Railway sur des commutatrices de 400 et de 600 kw qui sont connectées deux à deux, par groupe d'unités de même puissance, pour fournir la tension de 1500 v. Dans les deux types de machines, les balais et les porte-balais ont été enfermés dans une enveloppe isolée et à l'épreuve du feu. Dans le second d'entre eux, de construction la plus récente, le collecteur et l'armature ont le même diamètre; les vapeurs conductrices ne peuvent, pour cette raison, pénétrer à l'intérieur de l'enroulement induit et provoquer des courts-circuits secondaires; un courant d'air, soufflé par un ventilateur, balaye en outre, d'une façon continue, la surface du collecteur; les lames de ce dernier sont munies de cornes d'amorçage d'arc destinées à protéger leurs extrémités contre les effets destructeurs de la décharge, lors de la production de flashs. Les machines en question sont en service depuis quatre ans; leur fonctionnement a toujours été irréprochable et elles n'ont exigé que des frais d'entretien très peu élevés.

Des essais ont été entrepris, récemment, dans le même ordre d'idées, en utilisant un dispositif magnétique, dans le but d'éloigner l'arc de la surface du collecteur. La machine soumise à l'épreuve, une génératrice compensée de 750 kw, 1500 v, excitée séparément par son enroulement shunt, a pu être mise franchement en court-circuit sans qu'il en résultât la moindre détérioration pour aucun de ses éléments.

Un facteur de puissance élevé a, comme on le sait, son importance pour la ligne de transmission alimentant un réseau de traction à courant continu : l'auteur consacre quelques mots à cette question ainsi qu'à celle du rapport de transformation dans les commutatrices : il signale ensuite les types principaux d'ondulation périodique à laquelle est soumise la courbe de tension dans une commutatrice et indique les limites d'amplitude des harmoniques entre lesquelles les perturbations sur les lignes téléphoniques bien établies ne sont plus à craindre. Il termine en insistant sur la nécessité d'avoir, pour le courant primaire, une courbe de courant bien sinusoïdale et en émettant quelques considérations sur le champ probable d'application des sous-stations automatiques.

Des discussions ont eu lieu à Londres et à Newcastle au sujet du mémoire de M. F.-P. Whitaker. Les quelques opinions typiques sur les points les plus intéressants traités sont les suivantes :

1° *Mode de construction des commutatrices pour 1 500 v.* — Il semble qu'au lieu de recourir à deux machines en série pour développer cette tension, il serait possible d'établir une commutatrice unique susceptible de remplir le même office tout en offrant des garanties de fonctionnement équivalentes : le chiffre maximum à adopter pour la tension entre barres du collecteur (13 v), indiqué par M. Whitaker, paraît, à plus d'un, beaucoup trop faible; il se trouve notablement dépassé dans des machines existantes et qui assurent néanmoins un service normal; la vitesse périphérique du collecteur, d'un autre côté, peut être encore augmentée, à condition d'établir cet organe suivant la disposition radiale; sur des bases ainsi modifiées, il semble que la construction d'une commutatrice pour 1500 v ne doive présenter aucune difficulté sérieuse.

2° *Protection contre les flashs.* — L'expérience a prouvé que les flashs étaient provoqués, non par une surtension, mais par une diminution de résistance due à la présence de poussière de charbon, dans l'atmosphère environnant les balais; il n'est point douteux, dès lors, que le système de ventilation préconisé par M. Whitaker ne donne des résultats efficaces comme moyen préventif contre la formation d'arcs sur le collecteur; l'opinion quasi-générale des membres présents s'est montrée opposée à l'emploi de barrières isolantes entre les porte-balais qui rendent difficile l'inspection de certaines parties de la machine; on a été d'accord pour reconnaître aux interrupteurs rapides de protection contre les courts-circuits, ainsi qu'aux « suppresseurs d'arcs », des avantages précieux; ces derniers en particulier, qui n'ont qu'à fermer un circuit au lieu d'en ouvrir un comme les premiers, n'exigent, pour entrer en action, que 0,006 seconde environ; leur emploi est tout indiqué pour les groupes moteurs-générateurs mais non, au même degré, pour les commutatrices qu'il est nécessaire, après déclanchement de l'appareil, de démarrer à nouveau et d'amener au synchronisme. Un autre procédé de protection contre les flashs consiste à faire usage d'un commutateur branchant sur le circuit, à partir d'une surcharge supérieure à trois fois la charge normale, une résistance destinée à limiter la valeur de l'intensité du courant de court-circuit, lequel est ensuite rompu par le jeu d'un interrupteur à action relativement lente.

3° *Convertisseurs autres que les commutatrices.* — Le convertisseur en cascade, suivant l'opinion d'un membre, et le redresseur à vapeur de mercure, suivant celle de plusieurs autres, méritent, dans un projet du genre envisagé, d'être pris en considération. On a été conduit, toutefois, à reprocher à ce dernier appareil son inaptitude, due à des raisons d'ordre thermique, à s'accommoder d'augmentations subites de la charge, et sur la difficulté rencontrée pour réaliser, avec lui, un système de compoundage satisfaisant.

Digitized by Google

SECTION DE LÉGISLATION

Le renforcement de la législation française concernant la répression des fausses indications d'origine depuis 1914

L'auteur examine et résume substantiellement les progrès faits dans la législation tant interne que douanière pour assurer la répression de la fraude sur l'origine de nos produits nationaux.

La France est un pays richement doté de produits de choix, produits naturels ou fabriqués, dont la renommée légendaire a constitué de tout temps une part importante de son patrimoine national.

Aussi a-t-elle, sous tous les régimes qu'elle a connus au cours de son histoire, recherché les moyens les plus efficaces de les protéger contre la fraude sous toutes ses formes.

Avant la guerre de 1914-1918, elle possédait, tant au point de vue intérieur qu'au point de vue extérieur, un arsenal de textes abondant qu'une jurisprudence très attentive appliquait judicieusement.

I. **Législation d'ensemble.** — Ces textes, épars dans sa législation générale, spéciale et internationale, étaient les suivants : la loi du 22 germinal an XI, loi du 28 juillet 1824, loi du 23 juin 1857 (art. 19), loi du 1er août 1905, loi du 5 août 1908, loi du 10 février 1911, loi du 11 juillet 1906, loi du 28 juin 1913, loi des douanes de 1892 (art. 15), ainsi que de nombreux décrets concernant les vins, spiritueux, conserves, etc., pour le régime interne ; traités bilatéraux ou internationaux ou dispositions spéciales insérées dans la plupart des traités de commerce conclus avec les pays étrangers, conventions internationales de 1883 et 1891 (arrangement de Madrid), etc., pour le régime international, sans compter les dispositions du Code civil, du Code de commerce, du Code pénal visant les manœuvres déloyales sous leurs multiples formes, ainsi que certaines dispositions de lois diverses.

Dans les divers congrès de la propriété industrielle et commerciale tenus avant 1914, au cours des négociations entamées avec certains pays, dans les commissions des deux chambres du Parlement, au sein des chambres de commerce et des groupements industriels et commerciaux, de nombreux projets avaient été élaborés tendant à renforcer les dispositions en vigueur contre la fraude sur la provenance et l'origine.

Pendant la guerre, cette activité, bien que paralysée par d'autres préoccupations, ne se démentit pas complètement, et au cours des conférences interalliées des projets furent élaborés, desquels sont issus les articles 274 et 275 du traité de Versailles et la loi du 6 mai 1919.

Au point de vue international, tout au moins à l'égard de l'Allemagne, comme l'a fait judicieusement remarquer le docteur Wassermann au cours de nombreuses études, et notamment à l'occasion d'une étude sur l'Arrangement de Madrid, publié dans le « Bulletin de la Société italienne pour les Etudes de Droit industriel », 1921, p. 51, les dispositions ci-dessus visées du traité de paix constituent un renforcement des prescriptions de l'Arrangement de Madrid, de telle sorte que l'Allemagne se trouve liée avec la France plus étroitement que si elle était signataire de l'Arrangement; aussi le docteur Wassermann, d'accord en cela avec de nombreux spécialistes allemands, recommande-t-il instamment l'adhésion de l'Allemagne à l'Arrangement.

Au point de vue interne, la loi du 6 mai 1919, destinée à faire concorder le régime international avec le régime interne tout en remplaçant le régime des anciennes délimitations administratives, constitue un renforcement de la protection des appellations d'origine. En outre, divers projets d'extension de la portée de l'article 15 de la loi douanière de 1892 sont à l'étude; ils ont fait l'objet de nombreux rapports au Sénat et à la Chambre des Députés, et un projet de loi est sur le point d'être soumis aux délibérations du Parlement.

Enfin, divers décrets sur les vins, eaux-de-vie (décrets spéciaux pour l'Alsace-Lorraine), les eaux minérales, les miels, etc..., ont été promulgués.

D'autre part, l'activité de la France dans ce domaine s'est manifestée au point de vue international depuis la signature de la paix par la négociation de conventions commerciales avec certains pays, et des manifestations préparatoires à un vaste mouvement en faveur de la répression de la concurrence déloyale (convention franco-tchéco-slovaque, franco-polonaise, franco-norvégienne, franco-canadienne, etc., congrès belge de la propriété industrielle à l'issue duquel, sur l'initiative des délégués français, une motion en faveur de

Digitized by Google

l'adhésion de la Belgique à l'Arrangement de Madrid fût votée).

La portée et l'importance des dispositions des articles 274 et 275 a été trop longuement analysée par les divers juristes au cours de nombreuses études, pour qu'il soit nécessaire d'en reprendre l'examen. Notons simplement notre accord avec eux sur l'utilité pour l'Allemagne d'adhérer le plus tôt possible à l'Arrangement de Madrid, puisque du fait des dispositions des articles 274 et 275 du traité de Versailles, l'Allemagne se trouve obligée d'appliquer sur son territoire les prescriptions des lois françaises en matière de fraudes sur l'origine et la provenance ainsi que celles des décisions administratives et des décisions judicaires. D'autre part, signalons le mouvement incontestable qui se manifeste en faveur de l'adhésion par de nombreux pays à l'arrangement (*Propriété industrielle de Berne*, de février à mai 1920) et que la Belgique vient de souligner au cours du dernier congrès de la propriété industrielle (Bruxelles, avril 1922).

Il nous restera à examiner succinctement (car, pour être complet tout en demeurant clair dans un domaine aussi vaste et complexe, il faudrait consacrer de trop longues pages) la portée de la loi du 6 mai 1919, celle des décrets complémentaires et l'économie des divers projets de réforme de l'article 15 de la loi douanière de 1892.

II. **Loi du 6 mai 1919.** — La loi du 6 mai 1919, qui succède à la législation d'avant-guerre, organisant le régime décevant des délimitations administratives, a eu pour but d'assurer, en corrélation des dispositions générales de la Convention d'Union de Paris, de l'Arrangement de Madrid et surtout des traités de paix, la répression sur le territoire français des atteintes aux ayant-droit aux diverses appellations d'origine; elle se préoccupe tout spécialement de la protection des appellations des vins, vins mousseux et eaux-de-vie.

Depuis sa promulgation, diverses études l'ont commentée ainsi que la jurisprudence qui commence à l'appliquer. Parmi les ouvrages les plus importants, il faut citer celui de M. R. Guérillon, « Les appellations d'origine et la loi du 6 mai 1919 », publiés dès la promulgation de la loi par le journal « l'Epicier », Paris, Bourse de Commerce, 1919, et le « Traité des noms et appellations d'origine » de M. Marcel Plaisant, député et Fernand-Jacq, secrétaire de l'Association française pour la propriété industrielle, tous deux avocats à la Cour d'Appel de Paris (publié par l'éditeur A. Rousseau, 14, rue Soufflot, à Paris, octobre 1921). Ce dernier ouvrage, le plus récent, est consacré à l'examen de la législation interne, de la législation douanière, des conventions internationales, traités de paix, législation comparée, actuellement en vigueur; il consacre une importante partie de son texte à la genèse de la loi du 6 mai 1919, à sa portée doctrinale et pratique et à l'examen critique des divers projets sur la réforme de l'article 15 du tarif douanier de 1892. La loi du 6 mai 1919 complète la loi de 1824, spécialement destinée à la protection des produits manufacturés que le célèbre arrêt du 3 mai 1913 avait en fait étendu aux produits naturels, de telle sorte que la portée des deux lois se trouve cumulée, la seconde étant à la fois plus générale et plus spéciale dans son application. Quoi qu'il en soit, la loi du 6 mai 1919 institue le statut organique des appellations d'origine en France. Elle est une loi de désaisissement et de revision, comme l'a déclaré l'ancien ministre du Commerce Clémentel, qui la fit voter; de désaisissement, parce qu'elle retire à l'autorité administrative les pouvoirs que le législateur lui avait confiés, et dont celle-ci avait usé pour délimiter quelques régions françaises de production de produits réputés, pour remettre au pouvoir judiciaire le soin de décider les ayant-droit aux appellations d'origine revendiquées et d'en surveiller l'usage; de révision, parce qu'elle prescrit à l'autorité judiciaire de reviser, à l'aide des éléments fournis contradictoirement par les intéressés, l'étendue et la valeur des décrets de délimitation antérieurs, en leur accordant une présomption légale de validité, que peut toutefois détruire la décision à intervenir, selon qu'il sera justifié, et au gré des usages locaux, loyaux et constants.

La loi de 1919 consacre les principes essentiels suivants :

Droit à l'appellation d'origine, détermination des conditions d'action des parties revendiquantes et des parties s'estimant lésées, effets de décisions judiciaires d'application, pouvoirs spéciaux et nouveaux de la Cour de Cassation, prescription acquisitive sur les appellations pour ce qui concerne les eaux-de-vie et le champagne, extension des droits d'action et d'intervention des groupements qualifiés (syndicats et associations), établissement du contrôle quantitatif, réciprocité éventuelle de certaines dispositions au point de vue international.

Toute personne (individu ou collectivité) s'estimant lésée directement ou indirectement par l'emploi au profit de tiers d'une appellation d'origine appliquée à un produit naturel ou fabriqué, peut agir civilement devant les tribunaux; l'action est portée devant le tribunal du lieu d'origine du produit, dont l'appellation est contestée. Une publicité préalable aux débats est prescrite pour provoquer les contestations. Tout intéressé (individu ou collectivité) peut intervenir au cours de l'instance. Les jugements sont susceptibles d'appel, après une nouvelle publicité. En cas de pourvoi, la Cour de Cassation est compétente pour apprécier si les usages invoqués pour justifier l'emploi de l'appellation, possèdent tous les caractères légaux exigés par la loi; par suite, la Cour de Cassation a un pouvoir de contrôle exceptionnellement étendu qui lui permet, en réalité, d'apprécier le fait.

L'autorité de la chose jugée s'étend à tous les intéressés de la région.

La loi institue parallèlement des actions correctionnelles pour apposition, retranchement, altération quelconque sur les produits d'appellations inexactes soient-

Digitized by Google

ment ; ses dispositions (art. 8) reproduisent dans l'ensemble celles de la loi de 1824. Les mêmes intéressés (individus ou collectivités) peuvent agir directement ou intervenir. La vente ou mise en circulation frauduleuse est réprimée au même titre que la fabrication ou l'apposition directe.

Ces principes posés, la loi consacre à la réglementation de la fabrication, manutention, détention, circulation, vente des vins, vins mousseux et eaux-de-vie, de longues et minutieuses dispositions (13 articles), qu'il serait excessif d'analyser ici ; il faut cependant en retenir le principe fondamental inscrit en tête du texte (art. 10). « Les appellations d'origine des produits vinicoles ne pourront jamais être considérées comme présentant un caractère générique et être tombées dans le domaine public. »

Elle prescrit au récoltant qui désire donner une appellation d'origine à ses produits, de l'indiquer dans sa déclaration de récolte ; ces déclarations sont soumises à une publicité officielle.

Les négociants en gros, les collectivités ayant un compte de gros avec la régie, sont soumis, pour les produits achetés ou vendus avec une appellation d'origine, à la tenue d'un compte d'entrées et de sorties sévèrement contrôlé.

Les récoltants, voulant user de l'appellation « champagne », sont astreints, indépendamment des prescriptions ci-dessus, à une réglementation spéciale (locaux séparés), l'appellation ne leur est acquise que si dans le délai d'un an elle ne leur est pas contestée.

Des distinctions sont prescrites pour l'emploi des dénominations « champagne », « vins mousseux » « vins mousseux gazéifiés », etc.

Enfin la loi de 1919, abroge expressément les décrets et lois instituant les délimitations administratives (art 11 de la loi du 1er août 1905, loi du 10 février 1911, ainsi que tous les décrets du même ordre, règlements d'administration publique, etc.)

Des circulaires du ministre de l'Agriculture (6 juin 1919), de l'Administration des contributions indirectes (16 juin 1919), du ministre du Ravitaillement (10 novembre 1919) et encore du ministre de l'Agriculture (17 novembre 1919), etc., complètent l'organisation instaurée par la loi du 6 mai 1919.

III. **Décrets d'application**. — Des décrets d'application, la plupart abrogés par la loi du 6 mai 1919, réglementaient, avant la guerre, la fabrication, la circulation et la vente des produits naturels ou fabriqués.

Un décret du 11 septembre 1920 vint, en conformité des nouvelles dispositions légales, réorganiser le contrôle à la production et à la vente des produits revêtus d'une appellation d'origine, spécialement les vins et spiritueux.

Ce décret a été depuis abrogé, bien que maintenu par substitution d'une façon très générale, et remplacé (sauf pour les trois départements des Haut-Rhin, Bas-Rhin et Moselle) par un décret du 19 août 1919. Ce décret spécifie quelles dénominations un vin peut prendre ou à quelle manipulation (et dans quelles conditions) il peut être soumis, pour être revêtu d'une appellation déterminée. Des prescriptions minutieuses réglent la récolte, la détention, la circulation, la vente, etc., ainsi que l'embouteillage, l'empaquetage, l'apposition d'étiquettes, etc. Ces dispositions visant, avec le même luxe de prescriptions, les eaux-de-vie (*Journal officiel*, du 21 août 1920.)

Deux décrets des 25 août 1921 et 7 octobre 1921 organisent le régime transitoire des départements, réannexés (ancien territoire d'Alsace et de Lorraine). Ces décrets combinent les dispositions des anciennes lois locales avec celles de la loi du 6 mai 1919 (v. *Journal officiel*, 8 octobre 1921 et *Revue d'Alsace et de Lorraine*, novembre 1921).

Enfin un décret réorganisant le régime des eaux minérales naturelles et de boisson, daté du 12 janvier 1922, a été publié au « Journal officiel » du 22 janvier 1922.

IV. **Article 15 du tarif des douanes de 1892**. — A. Système actuel. — L'article 15 du tarif douanier de 1892 prohibe à l'entrée en France et exclut de l'entrepôt du transit et de la circulation, tous produits naturels ou fabriqués, portant soit sur eux-mêmes, soit sur leurs récipients, une marque de fabrique, un nom, un signe ou une indication quelconque de nature à faire croire qu'ils ont été fabriqués en France ou qu'ils sont d'origine française. La disposition s'applique aux produits étrangers, obtenus dans une localité de même nom qu'une localité française, lorsque ces produits ne portent le correctif « importé » en caractères apparents.

Depuis l'arrêt Drossner (Cassation criminelle, 7 juillet 1911. *Annales Pataille*, 1913-I-293 et la note-commentaire Fernand-Jacq) qui a combiné le jeu de l'article 15 et de l'article 19 de la loi sur les marques de 1857, la jurisprudence admettait que l'indication du nom du fabricant résidant en France sur des objets importés devait « dans tous les cas » être considérée comme une fausse indication d'origine, « alors même qu'en raison des circonstances les acheteurs ne pouvaient croire que ces produits avaient été fabriqués en France ».

A la veille de la guerre, à la demande des groupements de fabricants et producteurs, le gouvernement étudiait comment renforcer l'action de la disposition douanière, qui ne pouvait réprimer l'introduction d'objets ou produits dépourvus de signes indiquant la provenance, alors qu'ils étaient ultérieurement revêtus de signes d'une apparence française, qui ne pouvaitdavantage interdire au fabricant étranger, n'ayant pas de maison en France, d'apposer sur ses produits un nom ou une marque de consommation française, permettant l'équivoque et la confusion, etc... Une commission interministérielle avait été réunie, qui, à la suite de ses efforts pour réglementer les multiples cas, qui pouvaient se présenter, se débattait dans la confusion et l'impuissance lors de la survenue des hostilités.

Aussi la question fut-elle reprise activement, non seulement dès la cessation de la guerre, mais au cours de celle-ci, par certains groupements industriels, notam-

Digitized by Google

ment par la Chambre syndicale du Papier. Elle fit l'objet de discussions répétées au sein du Comité de l'Association française pour la protection de la propriété industrielle, qui l'avait maintes fois étudiée depuis une quinzaine d'années ; elle fut l'objet de rapports de chambres de commerce et surtout de propositions de lois tant au Sénat qu'à la Chambre.

B. Projets de réforme. — La première de ces propositions émanait de M. Lémery ancien sous-secrétaire d'Etat (annexe au procès-verbal de la séance de la Chambre des Députés du 10 février 1916 n° 1758). Elle instituait notamment l'indication d'origine obligatoire, elle exigeait l'impression en caractères indélébiles et en français de la provenance pour les produits étrangers. Elle fut très critiquée comme quasi-inapplicable et en tous cas plus dangereuse qu'efficace.

La proposition de la Chambre syndicale du Papier reprenait (séance de l'Association française de la Propriété industrielle du 5 juillet 1917) les directives des anciens projets de cette association; sans aller jusqu'à l'indication d'origine obligatoire, mais s'appuyant sur la récente jurisprudence de la Cour de Cassation, elle demandait qu'il fût prescrit aux produits étrangers « portant un nom ou une marque » de mentionner en français l'indication de l'origine. Cette disposition fut combattue, comme inefficace, par le rapporteur, secrétaire général de l'Association, notre collègue A. Taillefer.

Une première proposition de loi du député de la Trémoille (rapport 6215, annexe au procès-verbal de la Chambre des Députés de la séance du 28 mai 1919) fut votée avec des modifications importantes, à la séance du 22 juin 1919 ; rapportée au Sénat par M. Jean Morel (rapport 492, annexe au procès-verbal de la séance du 18 septembre 1919), puis renvoyée à la Chambre pour un nouvel examen. M. Marcel Plaisant, député, présenta un rapport (rapport 670, annexe au procès-verbal de la séance de la Chambre des Députés du 31 mars 1920). M. Marcel Plaisant proposait deux modifications importantes au texte de l'article 15 ; elles visaient : 1° l'extension de la portée de la répression qui ne concerne plus seulement la tromperie consistant à faire croire à une origine française, mais toutes tromperies sur l'origine autre que l'origine réelle (art. 5) ; 2° l'inscription sur tous les produits importés naturels ou fabriqués comportant un signe ou une marque quelconque de l'indication de l'origine en langue française. Cette proposition agréée par la Commission des Douanes de la Chambre, fut, à cause des modifications apportées au texte originel de l'ancienne proposition de la Trémoille déjà modifiée par le Sénat (rapport Morel), déférée à nouveau au Sénat et rapportée par M. Noël).

Dans l'intervalle, le Comité de l'Association française dont M. Marcel Plaisant faisait partie, discutait son texte, sur le rapport de M. Fernand Jacq ; ce dernier tiriquait certaines dispositions déjà critiquées par M. Taillefer, notamment l'obligation d'indication de l'origine en langue française, arme à deux tranchants, et quasi inapplicable pour les importations de produits informes ou en vrac ; il soulignait que la proposition ne portait pas remède aux abus consistant à introduire des objets nus, revêtus ultérieurement d'indications de nature à faire croire à une origine française, etc...

En mars 1918, d'autre part, le Congrès du Génie civil, au rapport de M. Vaunois, avait émis un vœu en faveur d'un projet analogue à celui préparé antérieurement par le Comité technique de l'Office national de la Propriété industrielle. Ce texte, d'une portée générale, laissait au juge une large latitude d'appréciation, il admettait l'apposition, nonobstant l'application d'un signe ou marque pouvant faire confusion, d'un correctif de l'origine, et réprimait toute fausse indication, qu'elle visât un produit français ou un produit étranger.

En fait, il laissait nécessairement impuni le délit commis à l'étranger, la loi nationale s'arrêtant aux frontières, et la marchandise frauduleuse, non saisie à son entrée en France, pouvant ensuite librement circuler dans le pays.

C. Projet définitif. — C'est dans ces circonstances que le sénateur Noël fût amené à déposer à son tour sa proposition. Celle-ci, précédée d'un très remarquable rapport (*Journal officiel des Débats parlementaires*, Sénat 1920, p. 1084, annexe n° 357, séance du 21 juillet 1920) a été ensuite modifiée après discussion au sein de la commission compétente, au cours d'un rapport complémentaire (rapport n° 103, 1921, Sénat, annexe au procès-verbal du 10 mars 1921),

Il supprime l'obligation de l'indication obligatoire de l'origine en caractères français, source de difficultés possibles, sans avantages absolus, et, d'accord avec le Gouvernement, estime qu'il suffit, pour la sécurité douanière, de demander que l'origine soit mentionnée en une langue européenne et en caractères latins. Il admet qu'un correctif est suffisant, nonobstant une présentation quelconque de nature à faire croire en lui-même à une origine française, pour avertir l'acheteur de la véritable origine. Il maintient l'obligation de l'accompagnement du produit importé par un certificat d'origine ; autorise les ministres des Finances et du Commerce à dispenser de l'indication de l'origine les produits importés de pays ne faisant pas partie de l'Europe continentale, et accordant le même traitement aux importations françaises ; il dispense également de l'indication d'origine les marchandises revêtues de marques collectives d'associations d'industriels ou commerçants, agréés après enquête par le Gouvernement.

Il réglemente l'application des tarifs douaniers selon la proportion apportée, après l'importation, dans la transformation des produits. Toutes ces dispositions reproduisent les mêmes dispositions que les projets Morel et Marcel Plaisant.

Il rejette la prohibition de tous les produits portant une indication de nature à leur faire attribuer directement ou indirectement une origine autre que leur origine réelle (projet Marcel Plaisant, art. 5) qu'il estime contraire aux dispositionsde l'Arrangement de Madrid

Digitized by Google

(art. 3). Il propose la rédaction suivante : « Sont prohibés à l'entrée, à la sortie, à l'entrepôt, au transit, et peuvent être saisis en quelque lieu que ce soit, soit à la diligence de l'administration des Douanes, soit à la requête du ministère public ou de tout intéressé, tous produits portant soit sur eux, soit sur leurs emballages extérieurs ou intérieurs, des marques, noms, inscriptions, ou signes quelconques, de nature à leur faire attribuer directement ou indirectement une fausse origine française ou une autre que leur origine réelle, s'ils ne sont accompagnés, sauf dérogations exceptionnelles, applicables seulement en cas de transit, de la mention en français et en caractères indélébiles et manifestement apparents de la véritable origine, appliquée dans les conditions prévues au 1° de l'article premier.

Le nom du pays d'origine doit être précédé d'une mention telle que « fabriqué en » ou « récolté » toutes les fois que l'ensemble des indications dont le produit est revêtu est de nature à créer une confusion sur sa véritable origine.

Demeurent toutefois prohibées à titre absolu, nonobstant cette mention, les produits tirant du sol ou du climat leurs propriétés essentielles ou caractéristiques lorsqu'ils portent, soit sur eux-mêmes, soit sur leur emballage intérieur ou extérieur des marques, noms ou inscriptions dans lesquels figure une fausse appellation d'origine ou de provenance.

Tel est actuellement l'état de la question dont des préoccupations spéciales, et notamment le souci des négociations de traités de commerce, dénoncés par suite de la guerre, négociations qu'ont rendues particulièrement arides les aggravations de tarifs douaniers et les prohibitions édictées par tous les pays depuis la guerre, ont différé la solution.

Mais il est à croire que le Gouvernement tiendra à faire voter le projet avant la fin de la législature en cours.

Les projets que nous venons d'analyser ne répriment pas, et ne peuvent le faire comme texte douanier, la fraude consistant à introduire des produits ou marchandises nues, revêtues, postérieurement à leur introduction, de signes ou dénominations tendant à faire croire à une indication française. Pour réprimer ces pratiques, très répandues, le sénateur Farjon a déposé une proposition de loi, ayant pour effet de compléter à la fois les dispositions des lois de 1824-1905, et d'appliquer à l'intérieur les prescriptions du nouvel article 15 du tarif de 1892 (prop. n° 77, 1921, annexe à la séance du Sénat du 28 février 1921). Un rapport sur cette proposition a été présenté au nom de la Commission du Commerce du Sénat, par M. Roustan (rapport n° 136, 1922, Sénat).

Ce rapport, qui vient d'être imprimé, n'est pas encore publié, et nous ne pouvons encore en donner l'analyse. D'après ce que nous en connaissons, il reproduit dans son ensemble, assez fidèlement, la proposition Farjon, laquelle applique à l'intérieur à l'égard des produits et marchandises introduites sans marque ou signe quelconque, mais revêtus ensuite d'un signe ou aspect tendant à tromper sur l'origine véritable du produit, en sorte qu'il puisse y avoir erreur sur l'origine française ou étrangère réelle, les dispositions précédemment analysées du projet Noël..

VI. **Marques collectives**. — Cette revue d'ensemble des efforts faits en France depuis 1914, pour assurer la protection des appellations d'origine serait incomplète s'il n'était pas parlé du vote de la loi du 12 mars 1920, étendant la capacité civile des syndicats (modifiant l'art. 5 § 3 de la loi de 1884) et spécialement autorisant légalement le dépôt de marques collectives.

On sait que l'une des résolutions importantes de la Conférence internationale de Washington a prévu l'adoption par les Etats adhérents à l'Union internationale de lois sur la protection des marques collectives.

En France, un projet avait été déposé avant la guerre par M. Hauet, en collaboration avec M. Lucien Coquet, avec l'agrément, sous certaines réserves secondaires, de l'Association française industrielle et de la commission technique de l'Office de la Propriété industrielle. En attendant son vote par le Parlement, des marques collectives garantissant l'origine française ont été déposées et exploitées, notamment la marque « U. N. I. S.-France » qui a été créée par M. Legouëz, au nom de l'Union intersyndicale des Marques collectives et qui garantit pour les produits, qui en sont revêtus, l'origine française.

Lors du premier et récent Congrès tenu par ce groupement sur l'initiative de M. Legouëz, son président (17 mai 1922) sous la présidence du ministre du Commerce, un vœu a été voté à l'unanimité, qui tend à substituer au certificat d'origine traditionnel l'apposition de la marque en question. On peut donc dire qu'en attendant le vote en instance de la loi organique sur les marques collectives, la loi du 12 mars 1920, comme la pratique, consacre un moyen nouveau et particulièrement efficace de garantir l'origine française des produits.

Lorsque la proposition de loi Hauet, reprise par le gouvernement, aura été votée, la législation française offrira un système complet de protection des appellations d'origine et de provenance.

VII. **Conclusion**. — Dès maintenant, donc, la France possède un faisceau important de textes assurant la répression des fraudes sur l'origine des produits; ce faisceau paraît devoir être à bref délai renforcé, si, pour compléter les dispositions de la loi du 6 mai 1919 et des décrets d'application, les projets Noël et Farjon qui ont l'agrément du Gouvernement viennent à être bientôt votés.

D'autre part, l'application des clauses 274 et 275 du traité de Versailles et des traités correspondants lui assure, dans les anciens pays ennemis, l'application de ses lois et réglementations internes.

Ainsi va se clore le cycle remarquable de protection envisagé par les groupements intéressés et les gouver-

Digitized by Google

nements successifs depuis la conclusion de l'Arrangement de Madrid.

En cette matière, la France aura habilement manœuvré pour assurer le respect des traditions du commerce loyal.

Elle aura à ce point de vue bien mérité de tous ceux qui considèrent que l'honnêteté scrupuleuse est aussi nécessaire à la prospérité du commerce et de l'industrie qu'à la satisfaction de la conscience des individus.

A la veille de la réunion de la Conférence internationale de revision de la Haye, la France se présente singulièrement préparée et moralement bien représentée.

FERNAND-JACQ,
Docteur en droit, Avocat à la Cour d'Appel de Paris, Secrétaire de l'Association française de la Propriété industrielle.

Législation, jurisprudence, réglementation

Projet de loi relatif à la création d'une station marémotrice d'essai à l'Aber Vrac'h (Finistère).

Le « Journal officiel » du 29 juin 1922 publie, pages 474 et 475 des « Documents parlementaires, Chambre », l'exposé des motifs et le texte du projet de loi déposé par le ministre des Travaux publics et le ministre des Finances à la deuxième séance de la Chambre des Députés du 29 mars 1922. Voici ces deux documents :

EXPOSÉ DES MOTIFS. — L'utilisation industrielle de l'énergie des marées, qui fut longtemps considérée comme une conception chimérique, semble devoir entrer, grâce aux récents progrès de la technique, dans le domaine des réalisations pratiques. Mais il ne sera possible de se prononcer définitivement à cet égard que sur le vu des résultats d'un essai à tenter sur un point du littoral convenablement choisi et à une échelle suffisante pour que puissent être examinés, sous une forme concrète, les différents problèmes techniques que pose la mise en valeur de la « houille bleue ». Les études que poursuit depuis plus de deux ans la commission spéciale instituée au ministère des Travaux publics l'ont conduite à reconnaître la nécessité d'une expérience de cette nature qui seule pourra permettre à l'administration de prendre nettement position dans une matière aussi neuve et de statuer en connaissance de cause sur les demandes en concession d'usines marémotrices dont elle se trouve dès à présent saisie. C'est dans cet esprit qu'a été conçu et préparé le projet d'une station d'essai dans l'estuaire de l'Aber-Vrac'h, projet présenté par une maison française : la société financière pour l'industrie, qui a déposé une demande en concession dans ce but.

Consistance du projet. — L'emplacement adopté pour l'installation de l'usine projetée paraît heureusement choisi en raison de l'amplitude des marées à l'estuaire et de la proximité de la ville de Brest qui permettra un placement facile de l'énergie produite.

Le projet comporte essentiellement :

1° Une usine marémotrice dans l'estuaire de l'Aber-Vrac'h sur le territoire des communes de Lannilis et de Plouguerneau (Finistère).

Cette usine sera située à Beg-an-Toul, immédiatement en amont de la balise, soit en aval du port de Paluden. Elle sera constituée par un barrage de 150 mètres de longueur et quatre groupes de turbines actionnant, sous le double effet du flot et du jusant, des alternateurs asynchrones logés à l'intérieur de caissons en béton armé formant le barrage, qui permettra d'emmagasiner en amont un cube variant de 1,5 à millions de mètres cubes suivant la hauteur des marées. Ce bassin à double effet fonctionnera de la manière suivante : lorsque la marée monte et dès que la dénivellation entre le niveau de la mer et celui du bassin atteint 70 cm. les turbines entrent en fonctionnement et travaillent à charge progressivement variable jusqu'au moment où la marée est étale ; à ce moment, la différence de niveau s'annule entre l'extérieur et le bassin, puis se rétablit en sens inverse, en marée descendante ; ainsi, deux fois par marée, soit pendant huit à dix heures de fonctionnement, les turbines qui sont disposés de façon à fonctionner dans le même sens, quel que soit le sens de l'écoulement de l'eau, fournissent une puissance variable à chaque instant et qui s'annule à chaque renversement du sens du courant. Les quatre turbines installées fourniront chacune une puissance variable de 75 à 1 200 ch sous deux ou trois régimes de vitesses. Les deux alternateurs accouplés aux turbines fourniront du courant à 1 500 volts :

2° Une usine d'eau douce établie sur le ruisseau du Diouris qui se jette dans l'estuaire de l'Aber-Vrac'h. Cette usine, qui a pour but de régulariser l'énergie essentiellement discontinue produite par la station marémotrice, sera réalisée par un barrage de 35 m de hauteur qui permettra d'emmagasiner un cube d'eau douce de 12 millions de mètres cubes, sous une chute variant de 8 à 29 m. Elle sera munie de turbines de 3 000 à 4 000 ch au total et de deux alternateurs de 1 500 ch chacun environ et de deux pompes de 1 500 ch chacune, aspirant l'eau au pied du barrage pour relever la réserve aux heures où la production de courant électrique sera surabondante à l'usine d'aval, le tout conçu de manière à compenser le plus possible les temps d'arrêt de la station marémotrice.

L'ensemble de ces deux usines fonctionnant en liaison très étroite sera susceptible de fournir une puissance pouvant atteindre aux heures de pointe jusqu'à 3 200 ch ; la puissance minimum constante sera de 1 600 ch.

La production annuelle sera de 11 millions de kilowatts-heure correspondant à une quantité de charbon annuelle de 16 500 t.

Le placement de cette énergie se trouve dès maintenant assuré par suite de l'obligation imposée au concessionnaire de se mettre en jonction avec les stations génératrices hydrauliques ou thermiques existantes où à créer dans la région comprise entre l'Aber-Vrac'h, l'Aber-Benoît, le littoral et la ville de Brest. Grâce aux lignes de transmission et de distribution d'énergie dont le projet prévoit la concession, la puissance produite par les deux usines aura pour débouchés principaux les services publics de la ville de Brest et l'arsenal de cette ville.

Au double point de vue des dispositions techniques et du placement de l'énergie, l'entreprise paraît donc susceptible d'une exploitation rationnelle.

Digitized by Google

C'est, d'ailleurs, l'avis qu'ont très nettement exprimé la commission de la houille bleue et le comité consultatif des forces hydrauliques, appelés à se prononcer sur le projet. L'enquête d'utilité publique, à laquelle la demande de concession a été soumise, a donné des résultats entièrement favorables ; l'enquête nautique n'a révélé aucune opposition en ce qui concerne les dispositions techniques envisagées et le ministre de la Marine, consulté par application de la loi du 15 janvier 1913, a fait connaître qu'il ne voyait aucun inconvénient d'ordre militaire à l'exécution du barrage de l'Aber-Vrac'h.

Rien ne paraît donc s'apposer à l'octroi de la concession sollicitée par la Société financière pour l'Industrie, dans les conditions ci-dessus définies.

La réalisation de ce projet permettra à l'administration d'atteindre un triple but :

1° Créer en France une station d'expérience permettant d'élucider un grand nombre de problèmes que pose le mode de captation de cette nouvelle source d'énergie et, en même temps, d'éprouver et comparer les divers types de moteurs ou d'appareils accessoires qui seront conçus ou proposés dans cet ordre d'idées ;

2° En présence des divers projets de grande envergure dont l'administration est dès à présent saisie et qui représentent des dépenses de plusieurs centaines de millions, se rendre compte, par une expérience à échelle réduite, si l'utilisation de la marée, sous la forme préconisée et qui ressort aujourd'hui comme la meilleure, est féconde et avantageuse à tous égards, où si elle ne risque pas de réserver des surprises d'ordre technique ou financier.

Il paraît, en effet, prudent de faire un essai de cette nature, avant d'encourager ou d'autoriser régulièrement de telles entreprises et de laisser les capitaux du pays s'y absorber ;

3° Profiter de l'énergie électrique qui serait produite par cette station pour en faire bénéficier une région mal pourvue à cet égard, où le charbon étranger et non le combustible de nos mines, distribue un courant insuffisant et cher. Actuellement, c'est-à-dire avec des prix de charbon de 132 fr ou d'anthracite de 280 fr la tonne, les tarifs d'électricité oscillent entre 1,135 fr (Brest), 2 fr (Morlaix) et 2,375 fr (Roscoff) le kilowatt-heure pour l'éclairage et entre 0,835 fr (Brest), 1,80 fr (Morlaix) et 1,725 fr (Roscoff) le kilowatt-heure pour la force motrice.

Contribution financière de l'Etat. — En raison de l'intérêt général que présente, aux divers points de vue ci-dessus énumérés, la réalisation du premier essai industriel d'utilisation des marées, il a paru que l'intervention pécuniaire de l'Etat se justifiait pleinement.

Le devis général approximatif des dépenses s'établit comme suit.

	fr	fr
1° Usine marémotrice :		
Travaux de génie civil.....	8 043 600	
Equipement électromécanique...	7 557 000	
	15 600 000	15 600 000
2° Barrage-usine sur le Diouris :		
Travaux de génie civil.....	5 030 000	
Equipement électromécanique...	1 470 000	
Achats de terrains et indemnités.	1 500 000	
	8 000 000	8 000 000
3° Postes de transformation et lignes électriques :		
Liaison entre les deux centrales...	240 000	
Ligne Aber-Vrac'h-Brest.....	700 000	
Poste de transformation.....	1 000 000	
	1 940 000	1 940 000
4° Frais financiers :		
Frais d'émission des actions et des obligations, frais de constitution de la société anonyme, frais d'enregistrement, intérêts intercalaires pendant la construction, frais d'ingénieur-conseil		2 820 000
Total.....		28 360 000

Pour couvrir ces dépenses, on aurait recours à une combinaison financière à établir dans les conditions prévues par les articles 7 et suivants de la loi du 16 octobre 1919.

Cette combinaison sera conçue de manière à offrir à l'Etat le maximum de garanties et à intéresser suffisamment le concessionnaire tant à une économie de construction qu'à une bonne exploitation de ses installations. Elle sera précisée dans une convention qui déterminera notamment le montant et les modalités de la participation financière de l'Etat ; cette convention sera approuvée, en même temps que les actes constitutifs des concessions, conformément à la législation en vigueur, par décrets délibérés en conseil d'Etat.

Il s'agit, en définitive, d'une expérience dont l'administration des Travaux publics eût pris elle-même l'initiative si elle n'avait trouvé un groupe industriel disposé à la tenter. Au moment où les Anglais envisagent un aménagement de la Severn et où d'autres projets intéressant les côtes de France sont à l'étude, il était indispensable de procéder méthodiquement à une expérimentation sur une matière aussi nouvelle. L'expérience de l'Aber-Vrac'h ouvrira la voie à une utilisation rationnelle et économique d'une source d'énergie pour ainsi dire inépuisable et d'autant plus précieuse qu'elle permettra de doter d'un nombre important de kilowatts une vaste région de la France qui, par sa position géographique, se trouve soustraite à l'influence des hautes chutes des Alpes, des Pyrénées et du Massif Central, et se voit obligée de demander à l'étranger la houille qui lui est nécessaire.

L'autorisation du Parlement est demandée en vertu de l'article 7 de la loi du 16 octobre 1919, pour permettre au Gouvernement de répartir les engagements financiers de l'Etat sur plus de cinq exercices.

D'autre part, la loi du 15 janvier 1913 stipule qu'aucun ouvrage permanent de nature à entraver la navigation maritime, aucun pont ou barrage ne pourront être établis dans la partie maritime navigable des fleuves, rivières, cours d'eau, utilisables pour la défense nationale et dont la liste est annexée à ladite loi, sans avoir été autorisés par le Parlement, après avis du Conseil supérieur et du Ministère de la Marine. Or, la rivière de l'Aber-Vrac'h, dans la partie où sont projetés les travaux, est comprise dans cette catégorie.

PROJET DE LOI. — Nous avons, en conséquence, l'honneur de soumettre à vos délibérations le projet de loi dont la teneur suit :

Article unique. — Le ministre des Travaux publics est autorisé à accorder, dans la limite du crédit d'engagement prévu annuellement par la loi de finances en exécution de l'article 80 de la loi du 30 avril 1921, une participation financière de l'Etat qui pourra porter sur plus de cinq exercices, à l'entreprise ayant pour objet l'établissement et l'exploitation :

1° D'une usine marémotrice barrant l'estuaire de l'Aber-Vrac'h, près de la balise de Beg-en-Toul, sur le territoire

Digitized by Google

des communes de Lannilis et de Plougerneau, département du Finistère, destinée à servir de station d'essai pour les questions relatives à l'utilisation de l'énergie des marées et à produire de l'énergie électrique;

2° D'une usine barrant le ruisseau du Diouris, près du lieu dit Kérabo, sur le territoire des mêmes communes, destinée également à produire de l'énergie électrique pour régulariser la production de la précédente;

3° Des lignes de transmission et de distribution d'énergie reliant les deux usines ci-dessus désignées entre elles et à la ville de Brest.

Sur la contribution sur les bénéfices de guerre et les amortissements.

Le « Journal officiel » du 23 mai 1922 publie, page 1532 des « Débats parlementaires, Chambre des Députés » la question et la réponse suivantes :

13369. — M. Victor Le Guen, député, expose à M. le ministre des Finances que l'article 3 de la loi du 1er juillet 1916 autorise les industriels à établir leurs bilans en tenant compte, d'une part, d'un amortissement normal de leur matériel correspondant à celui habituellement pratiqué et, d'autre part, dans certains cas d'amortissements supplémentaires du même matériel et demande quel doit être, en fin de compte, la limite qu'il convient de fixer pour le calcul de ces amortissements, si l'on doit les arrêter à la valeur attribuée au matériel dans l'inventaire initial ou bien si l'on peut, le cas échéant, tout au moins en ce qui concerne les amortissements supplémentaires et sous réserve des dispositions de l'article 14 de la loi du 25 juin 1920, tenir compte, pour leur fixation, de la plus-value acquise par le matériel à amortir et dont le remplacement, plus rapidement rendu nécessaire par suite du travail intensif pendant la guerre, ne saurait être effectué qu'à des prix dépassant considérablement la valeur initiale d'achat. (Question du 6 avril 1922.)

Réponse. — L'amortissement étant uniquement destiné à reconstituer, à l'expiration de la durée du matériel à amortir, le capital consacré à l'acquisition ou à la construction de ce matériel, les sommes qui y sont affectées ne peuvent, en aucun cas, excéder le montant dudit capital. Il n'y a pas lieu, dès lors, pour l'établissement de la contribution extraordinaire, d'admettre en déduction des bénéfices réalisés l'excédent, sur le capital initial, des sommes que les intéressés croiraient devoir mettre en réserve en vue du remplacement ultérieur du matériel devenu hors d'usage.

Sur la contribution sur les bénéfices de guerre.

Le « Journal officiel » du 23 mai 1922 publie, page 1530 des « Débats parlementaires, Chambre des Députés », la question et la réponse suivantes :

13038. — M. Charles Leboucq, député, expose à M. le ministre des Finances : 1° que l'assujetti à la contribution sur les bénéfices de guerre qui se place sous le régime de la loi de 1916 pour l'évaluation de ses marchandises au 30 juin 1920, peut estimer celles-ci à la valeur probable de réalisation; 2° que les contribuables qui avaient fait leur inventaire en évaluant leurs marchandises au prix de revient ont été de ce fait amenés au moment de leur déclaration à défalquer du résultat de leur bilan une somme égale à la différence entre le total de leur inventaire au prix de revient et le total de leur inventaire au prix probable de réalisation; d'où deux résultats : *a*) résultat d'après les règles ordinaires de la comptabilité de l'assujetti; *b*) résultat établi pour la déclaration au fisc pour les bénéfices de guerre et demande si le contribuable doit, pour la déclaration de 1921 à la cédule industrielle et commerciale, tenir compte pour les six premiers mois de 1920 du résultat n° 1 de son bilan habituel ou du résultat n° 2 qu'il a été amené à faire ressortir par suite de la dépréciation prévisionnelle des marchandises, pour sa déclaration de bénéfices de guerre. (Question du 17 mars 1922.)

Réponse. — Lorsque les commerçants et industriels soumis à la contribution extraordinaire sur les bénéfices de guerre ont établi, au 30 juin 1920, un double bilan, l'un en vue de l'assiette de la contribution extraordinaire afférente à la dernière période d'imposition, l'autre suivant les règles habituelles à leur entreprise, ce sont les résultats accusés par ce dernier bilan qui doivent être retenus pour la détermination des bases de l'impôt sur les bénéfices industriels et commerciaux dû pour les intéressés au titre de l'année 1921.

Le « Journal officiel » du 23 mai 1922 publie, page 1532 des « Débats parlementaires, Chambre des Députés » la question et la réponse suivantes :

13958. — M. Victor Le Guen, député, expose à M. le ministre des Finances que, pour fixer le montant de l'impôt de guerre d'un contribuable, une commission du premier degré a, à défaut de comptabilité régulière, rétabli approximativement la situation de fortune de l'intéressé : 1° au 1er août 1914; 2° à l'expiration de la période d'application de la loi, et a déduit le bénéfice réalisé pendant la guerre de la comparaison de ces deux parodies d'inventaires, d'une exactitude douteuse d'ailleurs, ajoutant que par suite de circonstances indépendantes de sa volonté le contribuable n'avait pas été imposé aux bénéfices commerciaux en 1918, 1919 et 1920, et se trouve actuellement devoir au fisc, à ce titre, une somme de 6 000 fr environ qui aurait dû venir en diminution de son actif au deuxième inventaire établi par la commission, somme sur laquelle il a versé à tort 3 000 fr à l'Etat au titre de bénéfices de guerre, et demande de quelle façon l'intéressé peut obtenir de l'administration le redressement de l'erreur ainsi commise à son préjudice. (Question du 6 avril 1922.)

Réponse. — En principe, l'impôt sur les bénéfices industriels et commerciaux doit être déduit, pour l'assiette de la contribution extraordinaire, des bénéfices de l'exercice au cours duquel il a été effectivement payé. Toutefois lorsqu'en raison de l'établissement tardif de certaines cotisations, l'impôt concernant une ou plusieurs des années 1918 à 1920 n'a pu être acquitté à la date du 30 juin 1920, l'administration admet qu'il en soit tenu compte pour l'établissement de la contribution extraordinaire afférente à la dernière période d'imposition. Si, dès lors, le contribuable visé dans la question a été soumis à la contribution extraordinaire sans faire état des sommes qui lui sont actuellement réclamées, pour les années 1918 à 1920, au titre de l'impôt sur les bénéfices industriels et commerciaux il peut, à la condition de signaler sa situation au directeur départemental des contributions directes, obtenir une réduction correspondant au montant desdites sommes.

Digitized by Google

REVUE GÉNÉRALE DE L'ÉLECTRICITÉ

Organe de l'Union des Syndicats de l'Électricité

réunissant

LA REVUE ÉLECTRIQUE 1904-1916 — LA LUMIÈRE ÉLECTRIQUE 1879-1916

DIRECTEUR : J. BLONDIN, Agrégé de l'Université.

6e ANNÉE. — TOME XII. — N° 4. — 29 JUILLET 1922.

Chronique. — Au sujet des précautions à prendre dans les travaux d'entretien des lignes électriques. — Bibliographies : Cours de mécanique appliquée, par Marcel LAMOTTE; La matière et l'énergie selon la théorie de la relativité et la théorie des quanta, par Louis ROUGIER; Manuale per il collaudo delle machine élettriche, par G. BIANCHI; La Radiométallographie et ses applications à la soudure autogène, par H. PILON; Eléments de soudure autogène, par R. GRAJON, P. ROSEMBERG et M. PIETTE; Thermionic Tubes in Radiotelegraphy and telephony, par John SCOTT-TAGGART, p. 121-123.

J. René Benoit, directeur honoraire du Bureau international des Poids et Mesures, membre correspondant de l'Institut et du Bureau des Longitudes, par Ch-Ed. GUILLAUME, p. 124.

Section scientifique et technique. — Sur les étalons prototypes de l'ohm international, par Paul JANET, p. 127. — Comparaison des étalons prototypes de l'ohm international, par R. JOUAUST, p. 128. — Revues, analyses et informations : La théorie du moteur triphasé à collecteur, à excitation shunt et à vitesse variable, p. 129; Couleur et éclat de différents corps lumineux en fonction de la température, p. 134; Mesures de temps et de pression dans la décharge en couronne, p. 136.

Section industrielle. — La vérification des connexions des compteurs à haute tension, par F. SCOUMANNE, p. 137. — Application de la métallisation par le procédé Schoop aux installations de transmission d'énergie, par A. DAGORY, p. 146. — Revues, analyses et informations : Etude graphique de la répartition du champ dans l'entrefer des machines électriques, p. 153.

Section économique et financière. — Assemblées générales : Société hydroélectrique des Dranses, p. 155; Comptoir d'achat de tôles dynamos, p. 155; Appareils électriques et compteurs Garnier, p. 156.

Section de législation. — Revues, analyses et informations : Le problème du contrat collectif du travail en France, p. 157. — Législation, jurisprudence, réglementation : Décret concernant la répartition de l'énergie électrique et les restrictions de consommation en cas d'insuffisance de la production, p. 158; Arrêts de la Chambre des Requêtes concernant la loi du 21 janvier 1918, dite loi Failliot, p. 159; Jugements du Conseil de Prud'hommes de la Seine et du Conseil de Prud'hommes de Nantes concernant l'inexécution des clauses du contrat d'apprentissage par les apprentis, p. 160; Arrêt de la Cour de Cassation concernant la responsabilité d'un médecin dans une escroquerie en matière d'indemnités pour accidents du travail, p. 160.

Au sujet des précautions à prendre dans les travaux d'entretien des lignes électriques. — A la suite de la publication, dans le numéro du 10 juin 1922, t. XI, p. 864-867, d'un article de M. A. Turpain intitulé « Un curieux cas d'électrocution », plusieurs lecteurs nous ont écrit pour faire remarquer que l'arrêté du 30 juillet 1921, reproduit dans la « Revue générale de l'Electricité » des 15 et 22 octobre 1921, t. X, p. 538-543 et 578-583, contient un article, l'article 38, qui a modifié les anciennes réglementations concernant les précautions à prendre dans les travaux d'entretien des lignes électriques.

Voici l'une de ces lettres, émanant de M. Le Besnerais, ingénieur au Corps des Mines, à Nancy.

En lisant l'intéressant article que M. Turpain a publié dans le numéro du 10 juin 1922 de la « Revue générale de l'Electricité » sur « Un curieux cas d'électrocution », je relève qu'il indique, comme références pour les précautions à prendre concernant les conditions de travail lors d'opérations telles que celles au cours desquelles s'est produit l'électrocution dont il parle, le décret du 11 juillet 1907, art. 10 et l'arrêté du 21 mai 1910, ch. IV, art. 34.

Il signale, avec juste raison, que si ces articles prescrivent de couper le courant sur les installations de deuxième catégorie, lorsqu'on veut y travailler, ils ne prescrivent pas, malheureusement, la même mesure pour les travaux exécutés dans leur voisinage.

Je crois utile de signaler aux lecteurs de la « Revue générale de l'Electricité », que le décret du 11 juillet 1907 a été, depuis, remplacé par celui du 1er octobre 1913, en ce qui concerne les usines de production et les ouvrages d'utilisation, et que l'arrêté du 21 mars 1910, modifié le 21 mars 1911, a été depuis remplacé par celui du 30 juillet 1921, qui l'a complètement remanié, et qui s'applique, comme on sait, aux ouvrages de distribution seuls.

Ce sont donc les prescriptions de cet arrêté qui devaient être observées lors de l'accident relaté par M. Turpain.

Or, alors que le décret du 1er octobre 1913 s'est contenté de reproduire, en ce qui nous concerne ici, les prescriptions du décret précédent, l'arrêté du 30 juillet 1921, à la suite de la demande qui en a été faite par les services du contrôle de plusieurs départements, a remplacé sur ce point les prescriptions de l'arrêté du 21 mars 1911, par les suivantes formulées à l'article 38, chapitre V, titre I (voir *R. G. E.*, 22 octobre 1921, t. X, p. 579).

Digitized by Google

« B. Lignes de deuxième catégorie :

» § 1er. Il est interdit de faire exécuter, sur les installations de deuxième catégorie, *ou au voisinage immédiat des lignes*, aucun travail, sans qu'elles aient été préalablement isolées de tout générateur possible de courant. »

..... Qui satisfont entièrement aux observations de M. Turpain.

Je crois utile de vous signaler ces faits, parce que j'ai pu, personnellement, constater plusieurs fois que des exploitants ignoraient l'existence de ce nouvel arrêté où, profitant de l'expérience acquise, on a notablement amélioré les prescriptions anciennes.

D'autre part, nous avons reçu de M. Wattelet, ingénieur électricien du Syndicat professionnel des Producteurs et Distributeurs d'Energie électrique du département de l'Yonne, la lettre qui suit, dans laquelle l'attention est appelée sur un autre point de l'arrêté du 30 juillet 1921.

L'insuffisance des prescriptions administratives critiquée par l'auteur a disparu des règlements actuellement en vigueur.

L'arrêté ministériel du 30 juillet 1921 détermine, en effet, comme suit les « précautions à prendre dans les travaux d'entretien de lignes » au chapitre V, article 38. B :

« § 1er. — Il est interdit de faire exécuter sur les installations de deuxième catégorie ou au *voisinage immédiat* des lignes aucun travail, sans qu'elles aient été préalablement isolées de tout générateur possible de courant. »

« § 3. — Les mesures indiquées aux deux paragraphes précédents peuvent être remplacées par l'emploi de dispositifs spéciaux permettant soit au chef d'équipe, en cas de travail par équipe, de protéger lui-même l'équipe, soit aux ouvriers isolés de se protéger eux-mêmes par des appareils de coupure pendant toute la durée du travail. »

Entre autres, une « précaution d'usage », dont l'article en question ne fait pas mention, consiste dans l'emploi obligatoire d'un court-circuiteur à mise directe à la terre, que le chef d'équipe, avant toute opération, doit faire brancher sur les conducteurs intéressés.

L'utilisation de ce procédé doit constituer une règle formelle destinée à assurer la sécurité du personnel d'entretien, qu'il s'agisse de basse ou haute tension et l'expérience a démontré que les ouvriers sont ainsi mis à l'abri de tous les phénomènes d'induction ou des fausses manœuvres susceptibles de se produire sur un réseau important.

Bibliographie : Cours de mécanique appliquée, par Marcel Lamotte, professeur de physique à la Faculté des Sciences et chargé de cours à l'Institut électrotechnique de Toulouse [1]. — Quelles que soient les études que l'on poursuive en vue de l'obtention d'un diplôme d'ingénieur, il n'est pas possible de limiter strictement ses efforts au programme tracé pour une spécialité déterminée; par exemple, les élèves électriciens ne doivent borner leurs connaissances à la partie purement électrique des moteurs: il leur est indispensable de posséder aussi quelques notions de mécanique qui leur permettront d'adapter leur machine aux meilleures conditions de fonctionnement. Pour la même raison, ils ne doivent pas ignorer les lois fondamentales de la thermodynamique puisqu'ils auront à conduire des moteurs à vapeur en conjonction avec leurs génératrices électriques. Toutefois, pour ces études complémentaires, on doit pouvoir leur conseiller des ouvrages dont la matière a été l'objet d'une judicieuse sélection, tel est le cas, par exemple, du Cours de mécanique appliquée, à l'usage des élèves de l'Institut électrotechnique et de Mécanique appliquée et des candidats au certificat de Mécanique appliquée. On y trouvera exposées, d'une façon claire et aussi simple que possible, quelques-unes des nombreuses questions que soulèvent les applications de la mécanique. L'auteur s'est préoccupé moins d'établir des notions générales, que de faire ressortir par des exemples concrets comment se posent les problèmes et quels sont les éléments de leur solution. Dans ces conditions, ce livre ne s'adresse pas seulement aux ingénieurs à programme de mécanique limité, mais encore aux étudiants spécialisés auxquels il facilitera l'accès et la compréhension des ouvrages complets. Parmi les matières traitées indiquons les glissières, les excentriques, les engrenages, les mécanismes différentiels, les bielles, le frottement, les transmissions par courroies, les chocs des corps solides, les volants et, enfin, les lubrifiants. — B. C.

[1] Un volume, format 25 cm × 16 cm, 252 pages, avec 214 figures dans le texte, édité par Gauthier-Villars, 55, quai des Grands-Augustins, Paris (VIe). Prix : broché, 25 fr.

Bibliographie : La matière et l'énergie selon la théorie de la relativité et la théorie des quanta, par Louis Rougier, professeur agrégé de philosophie, docteur ès lettres : nouvelle édition, revue et augmentée [2]. — Après avoir rappelé que l'ancienne théorie dualiste admettait que la matière seule est douée de masse, de poids en proportion et de structure, mais que l'énergie ne possède ni inertie, ni pesanteur, ni structure, l'auteur montre qu'il en est tout autrement depuis que la théorie de la relativité d'Einstein et la théorie des quanta de Planck ont conduit à rapprocher ces deux termes en renversant le problème, en sorte que l'on arrive à une matérialisation de l'énergie et que celle-ci nous apparaît sous deux formes, la matière et le rayonnement. Ces deux manifestations ne sont, toutefois, que de simples modalités du champ électromagnétique, le rayonnement étant constitué par des perturbations électromagnétiques alternatives et la matière comportant des particules élémentaires qui ne sont autre chose que des condensations du champ électromagnétique. Ces théories modernes laissent encore subsister le dualisme du champ électromagnétique et du champ gravifique de l'énergie et de l'espace, malgré les travaux récents de H. Weyl qui a essayé de les embrasser dans une représentation unique. Tel est, à grands traits, le mode d'exposition adopté par l'auteur et qui se trouve développé dans huit chapitres ayant pour titres : la dualité de la matière et de l'énergie, la masse et le principe de relativité, la dynamique électromagnétique, la théorie électronique de la matière, l'inertie de l'énergie, la pesanteur de l'énergie, la structure de l'énergie, conclusion. — B. C.

Bibliographie : Manuale per il collando delle Macchine elettriche, par l'ingénieur G. Bianchi [1]. — Ainsi que le dit l'auteur dans sa préface, le but de ce manuel est de traiter aussi élémentairement que possible, un sujet réservé ordinairement aux seuls spécialistes. L'ouvrage s'adresse uniquement, en effet, à tous ceux qui n'étant pas versés dans la question, peuvent avoir à acquérir une machine électrique et à procéder ensuite à ses essais.

Des deux parties que comprend le manuel, la première a trait aux épreuves de réception proprement dites, et com-

[1] Un volume, format 25 cm × 16 cm, XI-112 pages, édité par Gauthier-Villars et Cie, 55, quai des Grands-Augustins, Paris (VIe). Prix : broché, 6,50 fr.

[2] Un volume, format 16 cm × 11 cm, 163 pages, 16 figures. Edité par la librairie Ulrico Hoepli à Milan. Prix : 10 ,50 lires.

Digitized by Google

ence, dans un premier chapitre, par l'exposé complet des règles établies par le comité électrotechnique italien pour la spécification et la réception des machines électriques. Ce même chapitre contient les règles américaines reproduites par l'auteur en raison du grand nombre de données et d'explications qu'elles renferment, et aussi les règles internationales pour les parties adoptées jusqu'à ce jour par les différents pays.

Le second chapitre se rapporte à l'application pratique des règles énoncées dans le premier, et ceux qui suivent sont consacrés spécialement à l'étude particulière des épreuves de réception à effectuer avec les différents types de machines en usage, à courant continu ou à courant alternatif, et aussi avec les accumulateurs, les câbles de transmission d'énergie et les matières isolantes.

La seconde partie du manuel est réservée à la description des appareils et des méthodes de mesure employées le plus souvent dans les épreuves de réception L'auteur y donne, indépendamment des mesures électriques et magnétiques, les procédés de contrôle des appareils de mesure et consacre, en outre, un paragraphe spécial aux compteurs et aux vérifications auxquelles ils peuvent donner lieu. — P. B.

Bibliographie : La Radiométallographie et ses applications à la soudure autogène, par H. Pilon (1). — C'est la reproduction d'une conférence faite par l'auteur à l'Office central de l'Acétylène et de la Soudure autogène en juillet 1921. Jusqu'ici, la soudure autogène comportait un très gros inconvénient, l'extrême difficulté de la vérification du joint obtenu. La radiographie en permet précisément un contrôle rigoureux. L'auteur décrit les appareils actuellement employés pour cette étude radiologique ; il indique ensuite les deux procédés par lesquels sont faits les essais et termine par l'exposition et l'interprétation des résultats obtenus. D'excellentes photographies d'appareils et de clichés complètent ces explications. Dans une petite discussion qui suit, M. Pilon insiste sur la sécurité présentée par ces essais au double point de vue des opérateurs et du voisinage. — B. E.

Bibliographie : Eléments de soudure autogène, par R. Grajon, P. Rosemberg et M. Piette (2). — Cet ouvrage est écrit plus spécialement pour le praticien et sa présentation sous forme de questions et réponses le met à la portée de tous. En particulier, cette présentation sera fort utile pour le débutant ou l'apprenti qui comprendront toujours les explications données ; l'ouvrier y trouvera non seulement les procédés et les appareils généralement employés, mais aussi les tours de main fort utiles en bien des cas. On y étudie, par exemple, les difficultés particulières présentées par certains métaux : la façon dont on doit entreprendre certains travaux ; les dimensions à donner aux canalisations d'acétylène, etc. ; de nombreuses figures, simples mais très claires, illustrent ces applications.

Dans les différents chapitres sont exposés successivement : les modes d'assemblage des pièces, les généralités sur la soudure autogène et ses applications, les détails sur les gaz utilisés, sur les chalumaux de divers modèles et sur les postes complets pour soudure, l'étude des différents métaux et des produits d'apport, la préparation des soudures, leur exécution et leurs défauts. Les auteurs traitent ensuite avec plus de détails la soudure autogène des métaux usuels et les machines à souder. Un chapitre spécial est consacré à la soudure électrique par l'arc ; un autre, aux tours de mains pour le découpage au chalumeau des fers et des aciers ; le dernier rappelle les questions accessoires intéressant le soudeur (règlementation, accidents, etc.). L'ouvrage se termine par cinquante problèmes choisis parmi ceux qui se posent journellement au praticien ; leur solution illustrée par de nombreuses gravures est susceptible de rendre de réels services. En résumé, c'est là un manuel pratique très complet qui groupe les renseignements de tout ordre relatifs à la soudure autogène. — B. E.

Bibliographie : Thermionic Tubes in Radiotelegraphy and telephony, par John Scott-Taggart (1). — Nos lecteurs sont déjà familiarisés avec le nom de cet auteur qui a publié sur les triodes, dans les journaux de langue anglaise, un grand nombre d'articles, dont beaucoup ont été analysés dans cette Revue. Il lui a semblé qu'une mise au point de ce sujet devenait nécessaire, c'est-à-dire qu'il fallait rassembler dans un ouvrage d'ensemble les résultats théoriques et pratiques paraissant irrévocablement acquis dans ce domaine. Grâce à son expérience personnelle, M. John Scott-Taggart a su faire un choix judicieux des matières empruntées à la littérature technique ; il les a coordonnées suivant un plan logique et s'est efforcé de les exposer avec le plus de clarté possible en apportant au texte l'aide d'une abondante illustration. Ne laisser aucun doute dans l'esprit du lecteur, présenter les principes fondamentaux sous les aspects les plus variés pour en faire comprendre la nature intime, telle est l'impression qui se dégage dès les premières pages de ce livre. Ainsi, pour expliquer la chute de potentiel dans le filament, pour montrer l'influence de la différence de potentiel entre le filament et la plaque et, enfin, pour illustrer les différents modes de connexions de la batterie de plaque à la batterie de filament, l'auteur n'emploie pas moins de quinze figures. C'est le sujet des deux premiers chapitres qui sont consacrés encore à la description des valves à deux électrodes, à l'exposé de la théorie des courants thermoioniques et à la description du triode, dont les applications comme détecteur et comme amplificateur à haute et basse fréquence sont décrites dans les chapitres III à IX. Les chapitres X et XI traitent de la réception et de la transmission des ondes entretenues ; tout ce qui est relatif aux mesures se trouve concentré dans le chapitre suivant. Les applications du triode à la téléphonie sans fil occupent 150 pages ; on sait que la réception des messages parlés exige des montages beaucoup plus compliqués que la radiotélégraphie. L'auteur donne, sur ce sujet, tous les renseignements nécessaires et termine son ouvrage par la description de tubes à trois électrodes de construction spéciale : dynatron, kallirotron, biotron et negatron. Nous pensons que ce traité, qui est un des plus complets qui aient été consacrés au triode, sera lu avec fruit, par tous ceux que ce sujet intéresse ; il sera particulièrement utile aux hommes de laboratoire à cause de ses nombreux schémas. — B. C.

(1) Une brochure, format, 27 cm × 18 cm, 22 pages, 39 figures, éditée par « l'Acétylène et la soudure autogène », 104, boulevard de Clichy, Paris. Prix : 3 fr.

(2) 1 volume format, 218 cm × 12 cm, XL-272 pages, 220 figures, édité par les *Publications de l'Acétylène et de la Soudure autogène*, à Paris. Prix : broché, 5 fr.

(1) Un volume, format 22 cm × 13 cm, XXIII-424 pages, avec 344 figures dans le texte, édité par The Wireless Press Ltd, 12, 13 Henrietta Street, W. C. 2, Londres, Prix : relié, 25 sh.

Digitized by Google

J.-René Benoît

Directeur honoraire du Bureau international des Poids et Mesures, Membre correspondant de l'Institut et du Bureau des Longitudes

La mort de J.-René Benoît, paisible comme avait été sa vie, vient d'enlever à la science métrologique l'un des hommes qui l'ont cultivée avec le plus d'amour et le plus de succès. Le déclin de ses forces, et surtout l'affaiblissement de sa vue, l'avaient engagé, il y a quelque temps déjà, à renoncer au rôle actif qu'il avait rempli pendant quarante ans avec un dévouement inlassable. Mais ceux qui se sont consacrés, après lui, à la science de la mesure, trouvaient toujours, dans son jugement et dans les trésors de son expérience, un appui et un guide.

Au début de sa carrière, il avait cherché sa voie. Par déférence pour la volonté de son père, qui était doyen de la Faculté de Médecine de Montpellier, il poussa les études médicales jusqu'au doctorat; mais, aussitôt son diplôme conquis, il se tourna vers la physique, qui l'attirait irrésistiblement. Il vint à Paris, et, tout en complétant son bagage dans les sciences précises, entreprit, dans le laboratoire de Jamin, sa classique recherche sur la résistivité des métaux. Puis il entra aux usines Rattier, mais, ne trouvant que peu de satisfaction dans les préoccupations industrielles, il fut heureux d'accepter, au début de l'année 1878, le poste d'adjoint au directeur du Bureau international des Poids et Mesures, qui venait d'être fondé, et où ses remarquables facultés pouvaient trouver un ample champ d'action. Il devait, en 1889, prendre la direction du Bureau, et l'assurer jusqu'en 1915. En témoignage de sa reconnaissance pour les services rendus, le Comité international lui conférait alors le titre de directeur honoraire.

Ce n'est point ici le lieu de décrire en détail les travaux de Benoît dans les divers domaines métrologiques qu'il a abordés avec le même succès, assuré par son ingéniosité dans l'invention des méthodes, l'habileté de ses mains et l'acuité de sa vue, la conscience méticuleuse avec laquelle il pourchassait les erreurs, et qui était aidée par une incomparable puissance de travail. Sur ses travaux de métrologie générale, je passerai donc rapidement, me réservant d'insister sur ceux qui touchent de plus près au domaine électrique.

Le problème des dilatations occupa le premier M. Benoît. Deux méthodes étaient déjà en usage lorsqu'il débuta dans sa carrière, et le sont demeurées: celle du comparateur et celle de Fizeau. Elles ont, toutes les deux, reçu de tels perfectionnements de M. Benoît que, depuis, on n'y a presque rien ajouté de nouveau.

La mesure de la dilatation du mètre international et de ses copies, à laquelle M. Benoît m'associa dès l'année 1886, celle d'échantillons prélevés sur les extrémités de ces mêmes règles, l'étude de cristaux types, tels que le quartz, le spath et le béryl, ont constitué l'essentiel de son œuvre dans le domaine des dilatabilités.

L'étude des étalons géodésiques, de laquelle est résultée l'unification mondiale des travaux de mesure de la terre, la détermination du yard en fonction du mètre, permettant la réduction précise des mesures britanniques au système métrique, l'étude de toises de divers pays, en faisant appel chaque fois à des organes particuliers adaptés à leur forme, ont constitué pour lui, pendant des années, un courant de travail auquel il voua tous ses soins. Une étude, que nous fîmes ensemble, des étalons à bouts plans, mit en lumière la sûreté de la méthode des contacts, comparée à celle des visées optiques, faites tangentiellement aux surfaces de définition des étalons, et fut l'origine d'une coopération avec la Section technique de l'Artillerie, de laquelle est résultée l'unification pratique dans le domaine des mesures industrielles. La découverte de l'invar fut, pour nous, le point de départ d'une recherche longue et inespérément fructueuse, sur la mesure des bases géodésiques à l'aide de fils tendus. Enfin, les travaux dans lesquels Benoît fut engagé, avec M. Michelson en 1892 et avec MM. Fabry et Perot en 1906, fournit aux physiciens et aux astronomes une valeur des longueurs d'onde fondamentales d'une précision cent fois supérieure aux données, longtemps classiques, obtenues par Rowland.

Tels sont les principaux travaux de J.-René Benoît, touchant à la mesure des longueurs. Je vais chercher à retracer de plus près ses travaux sur la résistivité et la construction des ohms étalons.

Lorsqu'on mentionnait, en présence de M. Benoît, son travail sur la conductibilité des métaux, il avait coutume de dire: « N'en parlons pas trop ; j'étais encore bien ignorant de ma métrologie. » Et, si l'on insistait, il ajoutait volontiers : « Il est vrai que les propriétés électriques des métaux dépendent à un si haut degré de leurs impuretés, que les incertitudes résultant de la composition de mes échantillons étaient probablement aussi grandes que celles de mes mesures. » En fait, son travail marquait, pour l'époque, un grand pas en avant, et c'est tout ce qu'on peut demander d'une recherche du domaine de la science, où il restera heureusement toujours une marge de progrès.

Dans le calcul des expériences, où il s'agissait de rechercher la valeur des coefficients α et β d'une formule quadratique, M. Benoît avait employé la méthode des moindres carrés, qui était assez généralement décriée parmi les physiciens français, parce que les créateurs mêmes de la théorie des probabilités s'étaient laissé entraîner à des exagérations reconnues plus tard, et aussi parce que certains physiciens allemands avaient accordé, à la méthode, une confiance aveugle, dans des conditions auxquelles, manifestement, elle ne s'applique pas. Il n'en est pas moins vrai qu'employée

Digitized by Google

avec discernement, elle constitue la meilleure des méthodes générales pour l'établissement d'une équation en partant de données expérimentales surabondantes. C'est au capitaine Perrier, son beau-frère, le rénovateur de la géodésie française, plus tard général et directeur du Service géographique, que J.-René Benoît dût d'être initié à la méthode des moindres carrés. Il en tira un grand parti, dans son premier travail comme dans d'autres, en grand nombre. Et son bon sens, joint à son sens très fin des réalités métrologiques, le maintint toujours dans le domaine où la raison s'accorde avec les résultats du calcul. Dans nos longs entretiens sur ces questions, il m'a dit plus d'une fois : « Je crois aux valeurs probables, mais non aux erreurs probables données par le calcul ; là, il faut être très prudent. »

En vue de la Conférence des unités électriques, qui devait se réunir à Paris au printemps de l'année 1884, Mascart avait, en même temps que beaucoup d'autres physiciens, entrepris une détermination de l'ohm, à laquelle il avait associé M. F. de Nerville. Mais, la valeur absolue de la résistance d'un fil étant obtenue, il fallait la rapporter à l'unité alors généralement employée par les électriciens et qui était, conformément à la proposition de Werner Siemens (1), la résistance, à 0°C, d'une colonne de mercure de 1 mm² de section et de 1 m de longueur. Mascart, qui n'avait qu'une demi-confiance dans les copies en maillechort, demanda à Benoît de construire des étalons mercuriels sur lesquels il pût compter. Il eut lieu, sans doute, de s'en féliciter, car le résultat apporté à la Conférence par MM. Mascart, de Nerville et Benoît, se trouva bien près de la moyenne admise beaucoup plus tard.

J.-René Benoît
29 novembre 1854 — 5 mai 1922

Certains physiciens s'en éloignaient notablement ; H.-F. Weber, par exemple, avait trouvé, par trois méthodes différentes, des valeurs concordantes entre elles, et inférieures de 1 pour 100 à la moyenne ; ayant une confiance absolue dans les instruments issus des Etablissements Siemens et Halske, et ne se doutant pas des changements de résistivité qu'éprouvent, dans le cours du temps, les fils en métaux solides (2), il avait, pour son malheur, rapporté toutes ses mesures à une résistance fort ordinaire en maillechort.

L'ohm 106 ayant été adopté par la Conférence, le Ministère des Postes et Télégraphes demanda à M. Benoît de construire quatre ohms mercuriels, opération qu'il entreprit aussitôt au Bureau, avec l'autorisation du Comité international.

Le calcul de la résistance opposée au courant par une colonne de mercure contenue dans un tube de verre s'établit, en première et grossière approximation, par la longueur et la masse de la colonne ; le calcul suppose la section uniforme, ce qui ne saurait être le cas ; toutes les inégalités de la section accroissent la résistance par rapport au résultat fourni par le calcul brut. L'étude du tube consiste essentiellement en un calibrage, conduisant au tracé d'une courbe des sections, de laquelle se déduit aisément le facteur de correction. Le calibrage lui-même est long et assez pénible ; M. Benoît l'avait pratiqué beaucoup sur le thermomètre, et il en possédait à fond la technique. D'autres physiciens avaient pris des tubes quelconques, et déterminé seulement leur résistance ; lui voulut que celle de ses tubes fût aussi voisine que possible de l'ohm, ce qui constitue un problème d'un tout autre ordre de difficulté ; si l'on veut, en outre, que, d'un étalon à l'autre, les longueurs ne soient pas trop différentes, l'étude des tubes doit être précédée d'une élimination de ceux dont la section moyenne s'écarte trop de celle que l'on cherche.

Le travail fut admirablement réussi. Les valeurs des quatre ohms différaient de moins de 2/100 000 de celle que l'on avait cherché à réaliser. Et les comparaisons des résistances entre elles, faites avec la collaboration de M. de Nerville, en vérifiant de très près les données du calcul, conduisirent l'auteur à penser que l'ensemble des quatre tubes permettait d'affirmer au cent-millième près la valeur de la résistance qu'ils matérialisaient.

Cet admirable travail a été décrit dans un ouvrage publié en 1885, aux frais du Gouvernement français, sous le titre : « Construction des étalons prototypes de résistance électrique du Ministère des Postes et Télégraphes. » M. Benoît construisit aussi, de ses mains, un grand nombre de copies mercurielles, faites à l'aide de tubes contournés, et ajustés par rodage, au millième près ; la distribution très libérale qu'il en fit répandit largement la valeur qu'il avait réalisée.

(1) Je ne sais plus à quelle occasion on fêtait Siemens à Berlin, et il espérait une sanction officielle qui ne vint pas ; il était abattu : Wilhelm Foerster ramena le sourire sur ses lèvres en lui disant : Trösten Sie sich ; Sie sind in einer Quecksilbersäule verewigt (consolez-vous ; vous êtes immortalisé dans une colonne de mercure). La traduction n'est qu'approchée, car le mot « säule » est souvent l'abréviation de « Bildsäule » qui signifie une colonne surmontée d'un buste.

(2) Il fut un moment où ces changements constituèrent un avantage ; ainsi, les résistances en maillechort ajustées sur l'ohm légal 106 aussitôt après la Conférence de 1884, se trouvèrent bien voisines de l'ohm 106,3, lorsque, dix ans plus tard, cette valeur fut adoptée pour l'ohm international. Mais que valent aujourd'hui ces résistances ? La question est de peu d'importance pratique, puisque le maillechort a été abandonné pour la confection des résistances-étalons.

Digitized by Google

La fondation de la Reichsanstalt créait bientôt un centre d'études pour des questions analogues. Là, aussi, des étalons de l'ohm furent construits, et M. Benoît mit, avec sa bonne grâce coutumière, une de ses copies à la disposition du nouvel Institut.

En 1892, la question de l'ohm fut discutée à nouveau dans une conférence qui eut lieu à Edimbourg et à laquelle j'avais été convié. Au cours de l'exposé qu'il fit de la question de l'ohm, l'illustre Helmoltz, parlant des comparaisons faites entre les étalons de la Reichsanstalt et ceux d'autres provenances, annonça que, d'une façon générale, la concordance était médiocre. Je lui demandai alors quel était l'écart trouvé par rapport aux copies de Benoît : « Je n'ai pas le chiffre exact, répondit-il, mais il est assez considérable. »

Lindeck se leva à son tour, et fit cette déclaration : « Je voudrais prier Son Excellence de me permettre d'apporter une légère rectification à ce qu'Elle vient de dire; avec la formule de variation thermique de résistivité du mercure que M. Guillaume m'a communiquée il y a un instant, j'ai calculé à nouveau les réductions de nos comparaisons; maintenant, nous sommes pleinement d'accord avec M. Benoît. » Ce fut avec une joie très vive que je lui rapportai ces paroles.

A la suite de la Conférence de Londres, chacune des délégations des grands pays ayant pris l'engagement de construire des étalons de l'ohm, M. Benoît fut sollicité, par la Commission française, d'en réaliser une série. Il hésitait, sachant qu'il s'obligeait à un très gros travail; pourtant, il accepta et se mit à l'œuvre avec acharnement.

Cette fois, son étude porta sur six tubes, dont il assura d'abord la rectitude. Jusque là, les tubes, généralement très faiblement arqués au sortir de l'usine, étaient repris par un souffleur, attaqués de place en place à la lampe, et rectifiés par fractions. En fait, l'arc unique était remplacé par quatre ou cinq arcs plus petits, dont la flèche totale était faible. L'avantage sur le tube primitif était plus apparent que réel, avec, en plus, le danger de petites irrégularités dans les régions qui avaient été ramollies à la flamme.

Cette fois, M. Benoît construisit une gouttière à angle vif en cuivre fretté d'acier, et chacun des tubes choisis y fut chauffé jusqu'au point où le verre commence juste à céder sous l'effort; le refroidissement subséquent s'effectuait très lentement.

M. Benoît avait fait une étude minutieuse de la machine à diviser du Bureau et en possédait, mieux que personne, le maniement. Il fit lui-même les tracés, et poursuivit l'étude comme pour les premiers tubes. Pour la mesure précise des longueurs, les tubes étant ajustés, il employa, conjointement avec d'autres méthodes, celle d'Airy, consistant à abouter deux pièces à mesurer, et à déterminer la distance de deux traits qu'elles portent au voisinage de leur partie centrale. L'opération étant répétée dans la deuxième position possible des pièces bout à bout et une troisième pièce étant associée à chacune des premières, on obtient des équations surabondantes pour calculer la distance de chacun des traits de repère aux deux extrémités de chacune des pièces, d'où leur longueur totale.

La construction des dix ohms nouveaux, leur étude détaillée avec les longs calculs qui en sont résultés et qui se superposaient à des fonctions très astreignantes, ont imposé à M. Benoît un surcroît de travail et de fatigue exagéré, à un âge où l'on ne peut plus espérer retrouver sa vigueur passée. Il m'a dit un jour : « Pour un million, je ne recommencerais pas ce travail. » Il put encore préparer les comparaisons, et en suivre la marche, mais dut renoncer à y participer personnellement. M. Jouaust en a assuré l'exécution. Son sentiment est que, pour la valeur issue de la moyenne des étalons, le chiffre du millionième n'est plus illusoire.

Afin de témoigner à M. Benoît sa reconnaissance pour cette immense labeur, couronné par le plus éclatant succès, la Société de Physique de Londres et la Société française des Electriciens lui ont conféré le titre rare de membre d'honneur. Déjà, en 1894, ses travaux sur les étalons géodésiques lui avaient valu d'être nommé correspondant du bureau des Longitudes; en 1903, il devenait correspondant de l'Académie; en 1908, il était promu officier de la Légion d'honneur.

Il est des hommes dont on n'apprécie la valeur qu'en étant le témoin quotidien de leur effort. J.-René Benoît était de ceux-là, et ce fut pour moi un grand privilège d'assister, pendant plus de trente années, à l'exécution des travaux auxquels il consacrait ses peines et ses pensées. Il recherchait la perfection pour elle-même, avec le plus complet désintéressement; et cette perfection, il la voulait non seulement dans le résultat, mais aussi dans l'exposé des méthodes et des travaux qui y avaient conduit.

Ses mémoires révèlent ce souci, en même temps qu'ils portent la marque indélébile de sa haute culture. Pourtant, ils ne donnent qu'une idée incomplète de son œuvre; car, déjà surchargé par sa double fonction de métrologiste et de chef, il trouvait rarement les loisirs qui permettent de consacrer aux rédactions tout le temps nécessaire pour leur faire franchir la limite qui sépare le fini du travail de l'à peu près dont beaucoup se contentent; et ces circonstances, jointes à une très grande modestie, qui était l'un des charmes de son caractère, font que ses publications sont peu nombreuses.

Mais son labeur laisse une trace profonde dans les méthodes qu'il a imaginées ou perfectionnées, dans les déterminations qu'il a faites, et qui ont constitué le point de départ, parfois oublié, d'autres recherches. Par-dessus tout, peut-être, son action demeurera féconde dans l'impulsion qu'il a donnée aux travaux du Bureau international, où pendant longtemps continuera à lever la semence qu'il a répandue.

Ch.-Ed. GUILLAUME,
Directeur du Bureau international
des Poids et Mesures.

Digitized by Google

SECTION SCIENTIFIQUE & TECHNIQUE

Sur les étalons prototypes de l'ohm international

Le travail entrepris par René Benoit en vue de la réalisation de 10 étalons prototypes de l'ohm international, signalé par M. Ch-Ed. Guillaume dans la notice nécrologique qui précède, vient d'être l'objet de deux communications à la séance du 10 juillet 1922, de l'Académie des sciences de Paris. Dans l'une, que nous reproduisons ci-dessous, M. Paul Janet rappelle à quel point était la question des étalons de l'ohm au moment de la réunion de la Conférence des Unités électriques à Londres en 1903 et fait ainsi ressortir l'importance de la tâche qu'avait assumée René Benoît en acceptant de se charger de la réalisation de nouveaux étalons. Dans l'autre, que nous reproduisons également pages 128 et 129, M. R. Jouaust, collaborateur de René Benoît, fait connaître les résultats des mesures comparatives qui furent effectuées sur ces étalons au Laboratoire central d'Electricité, résultats qui montrent la parfaite concordance de la moyenne des valeurs déduites des mesures électriques et de la moyenne calculée d'après les mesures de dimensions faites antérieurement par Benoît.

Le Laboratoire central d'Electricité vient de terminer la comparaison des dix étalons prototypes de l'ohm international que notre regretté correspondant, M. René Benoit, a construits et étudiés avec le plus grand soin de 1908 à 1914. Ce travail de longue haleine à pu être entrepris grâce à une subvention que la Commission des fonds Loutreuil a bien voulu nous accorder ; qu'il nous soit permis de lui adresser ici nos plus vifs remerciements. M. R. Jouaust, chef de travaux au Laboratoire, a exécuté avec une grande habileté et un entier dévouement ces mesures délicates et même pénibles, car elles ont dû être toutes effectuées entre 1 heure et 3 heures du matin pour éviter les influences perturbatrices des courants des réseaux de traction voisins du Laboratoire. On en trouvera les résultats résumés dans une note que j'ai l'honneur de déposer sur le bureau de l'Académie et qu'il me paraît utile de compléter par quelques détails historiques.

Au moment de la réunion de la Conférence des Unités électriques à Londres en 1908, la situation des divers pays au point de vue de la réalisation des étalons prototypes de l'ohm international était la suivante :

L'Angleterre venait de réaliser, en 1903, au National Physical Laboratory, six étalons prototypes de l'ohm.

L'Allemagne, à la Physikalische Technische Reichsanstalt, avait réalisé, en 1890 et 1893, cinq résistances mercurielles dont trois de 1 ohm, une de 0,5 ohm et une de 2 ohms. Elle estimait que cette réalisation suffisait et qu'il n'y avait pas lieu pour elle de recommencer le travail.

La France possédait quatre étalons mercuriels de l'ohm ayant presque exactement la valeur de l'ohm légal ; ces étalons avaient été construits en 1884 par M. René Benoît ; mais ce dernier déclara à la Commission que son travail devait être repris et qu'il avait déjà entrepris la réalisation de dix nouveaux prototypes se rapprochant autant que possible de l'ohm international. Il estimait que les progrès réalisés dans la métrologie lui permettraient d'obtenir, dans l'évaluation des dimensions géométriques des tubes, une précision plus grande que dans ses premières mesures.

Lorsque, en 1910, les représentants des différents laboratoires, parmi lesquels figurait le Laboratoire central d'Electricité, se réunirent à Washington pour faire l'étude en commun du voltamètre à argent en vue de la réalisation de l'ampère international, on prit comme étalon provisoire de l'ohm, sous le nom d'ohm de Washington, la moyenne des étalons du National Physical Laboratory et de la Reichsanstalt.

D'ailleurs, le premier de ces établissements, constatant que les étalons qu'il avait réalisés en 1903 ne remplissaient pas les conditions prescrites par la Conférence de Londres, annonçait son intention de recommencer ce travail.

Depuis cette époque, la plupart des laboratoires étrangers ont construit des prototypes mercuriels de l'ohm international.

L'Angleterre, en 1913, avait réalisé 15 étalons mercuriels, dont 5 étaient destinés au Japon.

Aux Etats-Unis, le Bureau of Standards réalisait également un certain nombre d'ohms mercuriels qui, d'après certaines comparaisons effectuées par l'intermédiaire d'ohms métalliques, ne différaient que de 7 millionièmes des nouveaux prototypes anglais.

Pendant ce temps, M. René Benoît continuait son travail, et si les résultats n'en sont communiqués qu'aujourd'hui, c'est la conséquence des tragiques événements qui, pendant plusieurs années, ont bouleversé notre vie nationale.

Il ne faut pas oublier, d'ailleurs, que ce n'est pas à titre officiel, comme directeur du Bureau international des Poids et Mesures, mais à titre purement officieux,

Digitized by Google

que M. René Benoît avait entrepris ces études qui ne rentraient pas dans les attributions normales du Bureau. On sait que cette regrettable lacune vient d'être comblée par la dernière Conférence internationale qui s'est tenue à Paris au mois de septembre dernier, et que désormais, sous l'habile direction de notre correspondant, M. Ch.-Ed. Guillaume, le Bureau de Breteuil pourra officiellement prendre en main les études destinées à amener l'unification des mesures électriques internationales.

M. René Benoît ne consacra donc à ce travail que les rares instants de liberté que lui laissait une lourde direction, et ne disposa d'aucun crédit pour ce travail; ce fut la Société française des Electriciens qui lui fournit les fonds nécessaires pour le montage définitif des ohms.

Les tubes utilisés par M. R. Benoît ont été choisis par lui entre un nombre considérable d'échantillons; ces tubes n'étant pas parfaitement rectilignes, il a dû commencer par les redresser au moyen d'un procédé spécial, imaginé par lui. Ils furent alors divisés en parties d'égale longueur avec la plus extrême précision, puis M. Benoît procéda, avec un soin particulier, à leur calibrage et détermina les points où ces tubes devaient être coupés pour avoir aussi exactement que possible la valeur de 1 ohm international.

La longueur des tubes ainsi coupés fut mesurée par la méthode d'Airy. Dans toutes ces mesures, M. Benoît fut assisté avec une grande habileté par MM. Maudet et Pérard, du Bureau international des Poids et Mesures.

Les ohms ainsi préparés furent apportés au Laboratoire central d'Electricité où une installation spéciale avait été disposée pour l'obtention de mercure pur distillé dans le vide. Les tubes furent soigneusement nettoyés et montés sous la direction de M. Benoît; le remplissage dans le vide était terminé et les ohms prêts pour les mesures électriques quand la guerre éclata.

Des précautions spéciales furent alors prises pour protéger ces précieux tubes pendant les différents bombardements auxquels Paris fut soumis. L'étude ne put en être reprise qu'à la fin de 1919. Toujours sous la direction de M. Benoît, ils furent vidés, nettoyés et de nouveau remplis. Nous n'insisterons pas sur la difficulté de ces opérations où la moindre fausse manœuvre peut détruire un travail de longues années. Les comparaisons électriques purent être commencées en juin 1920. Un des tubes ayant subi pendant le montage un léger accident (qui d'ailleurs ne le rend pas inutilisable), il restait neuf tubes à comparer deux à deux, c'est-à-dire 36 opérations. C'est cette longue série de mesures qui vient d'être terminée et dont on trouvera plus loin les résultats. On verra que, si l'on met de côté l'un des tubes dont la courbe de calibrage présente des anomalies, les différences, pour les huit tubes restants, entre les valeurs mesurées par les méthodes électriques et les valeurs déduites des dimensions géométriques, n'excède pas quelques cent-millièmes : la moyenne des valeurs absolues des écarts est de $1{,}9.10^{-5}$. Ces résultats suffisent pour montrer la haute valeur du travail de M. Benoît.

Nous pouvons ajouter que, en dehors de ces étalons, M. Benoît a étudié au Pavillon de Breteuil, en collaboration avec M. Georgievski, représentant de la Chambre des Poids et Mesures de Russie, six étalons prototypes pour la Russie. Les premiers résultats de ce travail sont contenus dans une brochure datée de 1918 et qui, par suite des événements, n'est venue que récemment à notre connaissance.

Paul Janet.

Comparaison des étalons prototypes de l'ohm international

Les dix étalons prototypes de l'ohm international construits par M. René Benoît ont été comparés entre eux au Laboratoire central d'Electricité.

L'un d'eux, l'ohm n° 3, étant par suite d'un accident en cours de montage inférieur aux autres de 1 pour 100, se prêtait mal à des comparaisons précises, il n'en sera pas tenu compte dans ce qui va suivre.

Ces étalons étant du type « à dérivation », la comparaison des neufs prototypes, deux à deux, a été faite par la méthode du pont double de lord Kelvin.

Les deux ohms mercuriels à comparer, placés dans le même bain de pétrole, étaient successivement substitués l'un à l'autre, l'équilibre du pont étant réalisé en shuntant l'ohm métallique placé dans l'autre bras. Des résistances additionnelles constituées par un fil de cuivre plongeant dans un tube rempli de mercure et placées dans les dérivations du pont permettaient, pour chaque opération, de réaliser les conditions d'égalité des quatre résistances de la dérivation.

L'un des étalons, le n° 6, a présenté de grandes différences entre la valeur observée et celle que la mesure de ses dimensions géométriques conduisait à lui attribuer. L'examen de sa courbe de calibrage semble, du reste, indiquer une brusque variation de sa section, rendant difficile l'évaluation de la valeur moyenne de cette section et, par suite, de sa résistance.

Dans ces conditions, on a cru devoir l'éliminer et n'utiliser pour déterminer la valeur, en France, de l'ohm international que les huit étalons restants.

Les vingt-huit comparaisons de ces huit ohms, deux à deux, permettent de calculer leur valeur la plus probable par rapport à leur moyenne déduite des mesures géométriques et de comparer les résultats ainsi obtenus à ceux déduits par M. Benoît de leurs dimensions.

Digitized by Google

Les résultats de ces comparaisons sont rassemblés dans le tableau I suivant:

Numéro de l'étalon.	Valeurs déduites des mesures électriques ohm. I	Valeurs déduites des mesures géométriques ohm. II	Différence ohm. I — II
1.....	0.999840	0.999862	$-2{,}2 \times 10^{-5}$
2.....	1,000052	1,000002	$+5 \times 10^{-5}$
4.....	1,000118	1,000133	$-1{,}5 \times 10^{-5}$
5.....	1,000123	1,000119	$+0{,}4 \times 10^{-5}$
7.....	1,000043	1,000084	$-4{,}1 \times 10^{-5}$
8.....	1,000150	1,000143	$+0{,}7 \times 10^{-5}$
9.....	1,000137	1,000135	$+0{,}2 \times 10^{-5}$
10.....	1,000139	1,000124	$+1{,}5 \times 10^{-5}$
Moyenne.	1,000075 (admis)	1,000075	$\pm 1{,}9 \times 10^{-5}$

Quant à la précision des mesures électriques, on peut s'en rendre compte par la comparaison des différences entre tous les ohms pris deux à deux, différences déduites des valeurs de la colonne I et celles résultant de la mesure directe.

Cescomparaisons sont rassemblées dans le tableau II.

Valeur de	Calculée (1).	Observée (1).	Calculée-Observée.
1-2.....	— 212	— 213	+ 1
1-4.....	— 278	— 274	— 4
1-5.....	— 283	— 285	+ 2
1-7.....	— 203	— 199	— 4
1-8.....	— 310	— 317	+ 7
1-9.....	— 297	— 286	— 11
1-10.....	299	— 297	— 2

Valeur de	Calculée.	Observée.	Calculée-Observée.
2-4.....	66	62	— 4
2-5.....	— 71	— 67	— 4
2-7.....	— 9	+ 15	— 6
2-8.....	98	— 101	+ 3
2-9.....	85	89	+ 4
2-10.....	— 87	— 91	+ 4
4-5.....	5	0	— 5
4-7.....	+ 75	+ 83	8
4-8.....	— 32	— 33	+ 1
4-9.....	— 19	— 16	— 3
4-10.....	— 21	— 24	+ 3
5-7.....	+ 80	+ 77	+ 3
5-8.....	+ 27	+ 25	+ 2
5-9.....	— 14	— 21	+ 7
5-10.....	— 16	— 25	+ 9
7-8.....	— 107	— 107	0
7-9.....	— 94	— 100	+ 6
7-10.....	— 96	— 81	— 15
8-9.....	+ 13	+ 12	+ 1
8-10.....	+ 11	+ 10	+ 1
9-10.....	— 2	— 1	— 1
		Moyenne.....	± 4, 4

Comme on le voit, la moyenne des résidus des mesures électriques n'est que de quelques millionièmes, bien inférieure par suite à la moyenne des différences des nombres du tableau I. Ces différences ne sont donc pas imputables aux imperfections du procédé de mesure électrique.

R. Jouaust.

Revues, analyses et informations

La théorie du moteur triphasé à collecteur, à excitation shunt et à vitesse variable (2).

Cette théorie n'a jamais été publiée d'une manière complète et il est nécessaire de se reporter à un grand nombre de publications pour en recueillir les éléments; c'est dans le but de combler cette lacune que l'auteur a écrit cet article. Pour simplifier le problème, il suppose que le flux dans l'entrefer est distribué suivant une sinusoïde, que la perméabilité du circuit magnétique est constante, que les pertes dans le fer sont négligeables et que l'effet de la circulation du courant dans les bobines mises en court-circuit par les balais est négligeable.

La figure 1 montre schématiquement un moteur bipolaire dans lequel le rotor est simplement constitué par un noyau de fer laminé sans enroulement, le stator porte un enroulement triphasé bipolaire, le flux résultant de la circulation des courants est de grandeur constante et tourne avec une vitesse angulaire dépendant de la fréquence du réseau d'alimentation.

L'auteur décompose le flux tournant en deux composantes décalées de 90° dont les axes de référence sont OX et OY,

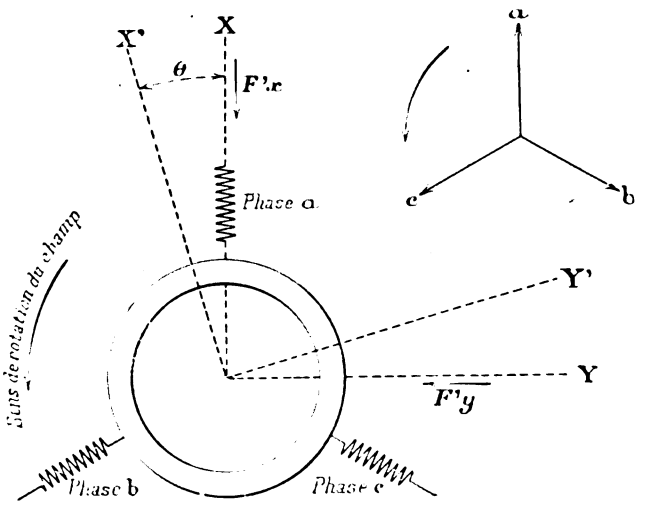


Fig. 1

(1) En millionièmes d'ohms.

(2) L.-D. Ridsdale. *Electrician*, 15, 22, 29 avril et 6 mai 1921, t. LXXXVI, pages 448-450, 478-481, 515-517, 546-548, 11 000 mots 23 fig.

Digitized by Google

le sens de rotation étant indiqué par la flèche et le flux par F''_x et F''_y dont les valeurs instantanées le long de ces axes sont

$$F''_x = F_x \sin 2\pi f_1 t,$$

et

$$F''_y = F_y \cos 2\pi f_1 t,$$

F_x et F_y étant les valeurs maxima de F''_x et F''_y et f_1 étant la fréquence du réseau d'alimentation ; de plus $F_x = F_y = F$, où F est le flux tournant normal. Pour déterminer la valeur de F''_x l'auteur utilise la relation

$$F''_x = \frac{3}{2} k I_0 \sin 2\pi f_1 t,$$

dans laquelle k est le facteur de proportionnalité de l'enroulement d'une phase et I_0 le courant dans les bobines du stator ; la composante du flux suivant OX' est

$$F''_{x'} = \frac{3}{2} k I_0 \sin (2\pi f_1 t - \theta),$$

et suivant OY'

$$F''_{y'} = \frac{3}{2} k I_0 \cos (2\pi f_1 t - \theta).$$

Le diagramme vectoriel de la figure 2 montre les relations de temps entre le courant dans la phase a et les flux composants le long de

$$OX, \quad OY, \quad OX', \quad OY',$$

Supposons maintenant que le rotor non bobiné soit remplacé par une armature de machine à courant continu à trois

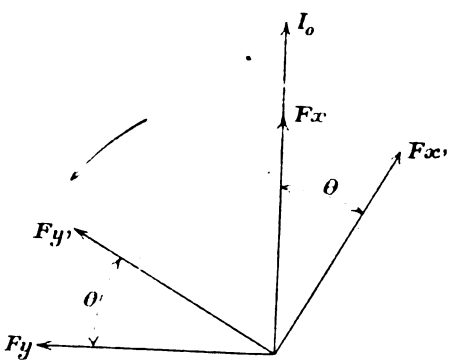


Fig. 2.

séries de balais à 120° reposant sur le collecteur, et que ces balais soient mis en court-circuit, l'enroulement sera parcouru par des courants dus aux forces électromotrices induites par le flux tournant, lequel est maintenant produit par la force magnétisante résultant de la combinaison des courants du stator et du rotor.

Pour simplifier, l'auteur remplace l'enroulement à courant continu par un enroulement triphasé en étoile, ayant par phase $\sqrt{\frac{1}{3}}$ du nombre de spires, et une résistance et une réactance égales au $\frac{1}{3}$ de celles de l'enroulement réel. La figure 3 montre alors le moteur complet ; pour plus de généralité, les balais ont été placés en dehors de l'axe des bobines du stator et on suppose, en outre, que les bobines du

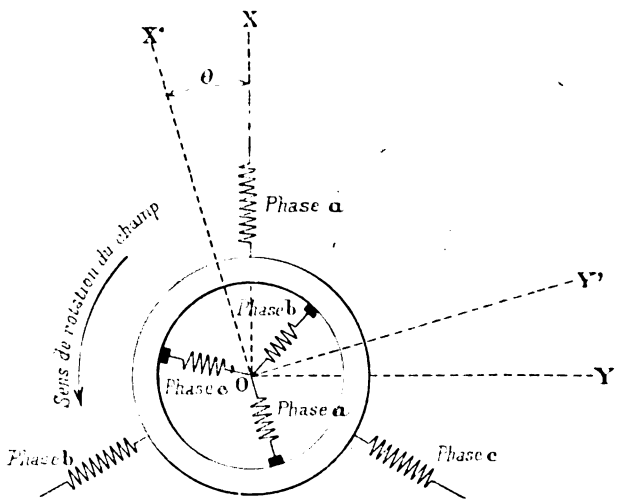


Fig. 3.

stator et du rotor sont enroulées dans le même sens. Le fonctionnement du moteur peut alors être étudié à l'aide d'un diagramme vectoriel tel que celui de la figure 4 qui se rapporte à la phase a de la figure 3 ; OA représente la valeur

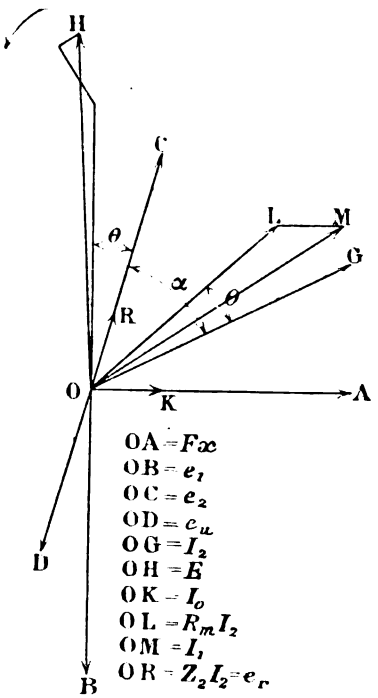


Fig. 4.

du flux maximum F_x suivant OX, ce flux induit dans la bobine a une force électromotrice e, déphasée de 90° en arrière de F_x et égale à

$$e_1 = 4.44\, b_1 u_1 F_x f_1\, 10^{-8} \text{ v},$$

Digitized by Google

b_1 étant le facteur d'enroulement de la bobine a, dont le nombre de spires est n_1 ; OB représente e_1. Le flux F_y n'a aucune action sur la bobine a. Pour déterminer les forces électromotrices dans les bobines du rotor, il faut décomposer le flux tournant en deux composantes F_x' et F_y' suivant OX et OY (fig. 3), avec un déphasage θ ; la force électromotrice induite est alors

$$e_2 = 4{,}44\, b_2 n_2 F_x f_1\, 10^{-8}\ \text{v},$$

elle est représentée par OC dans le diagramme de la figure 4. Le rapport de tranformation est

$$R_m = \frac{b_2 n_2}{b_1 n_1};$$

si le rotor tourne à une vitesse U tours par seconde, le flux F_{y1} produit une force électromotrice

$$e_u = 4{,}44\, b_2 n_2 F_y f_u\, 10^{-8}\ \text{v} ;$$

si le rotor tourne dans le sens du flux, e_u est opposée à e_2, tandis qu'elle est de même sens que e_2 dans le cas contraire ; sur le diagramme e_u est représentée par OD, le flux F_y' est en phase avec e_2. La force électromotrice résultante dans le rotor est, par suite, la différence entre e_2 et e_u ; elle est représentée par OR dans le diagramme. On a donc

$$e_r = e_2 - e_u,$$

ou, comme

$$F_x = F_y = F,$$

$$e_r = 4{,}44\, b_2 n_2 F (f_1 - f_u)\, 10^{-8}\ \text{v} = e_2 S,$$

S étant le glissement. En raison du fonctionnement du collecteur, la fréquence de e_r provoque la circulation du courant I_2 dans les enroulements du rotor, ce courant est en arrière de e_r d'un angle α dont la tangente est égale au rapport de la réactance à la résistance du rotor ; sur le diagramme, I_2 est représenté par OG déphasé d'un angle α en arrière du vecteur OR ; ce courant réagissant sur le flux F_y' donne naissance à un couple moteur tendant à faire tourner le rotor dans le sens du flux tournant.

Le courant magnétisant dans la phase a du stator sera en phase avec F_x ; il est représenté par OK dans le diagramme ; le courant magnétisant produisant F_y est fourni par les phases b et c et n'apparaît pas dans le diagramme de la figure 4 puisque celui-ci se rapporte à la phase a seule.

Pour connaître le courant total du stator, il faut déterminer l'effet du courant dans le rotor suivant OX déphasé de θ degrés en arrière de l'axe de la bobine du rotor de phase a ; la force magnétomotrice des enroulements du rotor suivant l'axe OX sera déphasée, en avant, de θ degrés sur le courant dans la phase a du rotor ; le vecteur OL est donc déphasé d'un angle θ en avance sur le vecteur OG, c'est-à-dire qu'il occupe la même position que si les balais n'avaient pas été décalés. Le courant dans le stator I_1 et la tension d'alimentation E peuvent maintenant être déterminés ; ils sont représentés respectivement par OM et OH ; on remarquera que le décalage des balais n'influe ni sur le facteur de puissance ni sur la vitesse du moteur. On a supposé que la réactance était constante, mais il semble résulter d'autres études (*G. E. R.*, 1913 ; *E. u. M.*, 1913, et *J. I. E. E.*, 1907) que cette réactance diminue lorsque la vitesse augmente.

Pour le moteur shunt à vitesse variable, la force électromotrice aux balais est ramenée à la fréquence d'alimentation par le jeu du collecteur ; il est donc possible d'alimenter le rotor par le réseau, et de faire tourner le moteur au-dessous ou au-dessus du synchronisme sans perte d'énergie. Dans le cas du moteur shunt à vitesse variable, les balais ne sont plus mis en court-circuit ; ils sont reliés à la ligne d'alimentation par l'intermédiaire d'un transformateur ou d'un autotransformateur dont la tension est réglable ; il est nécessaire que le sens de force électromotrice du transformateur puisse être inversé, résultat qui est obtenu en poursuivant l'enroulement au delà du point neutre. En outre pour obtenir la marche du

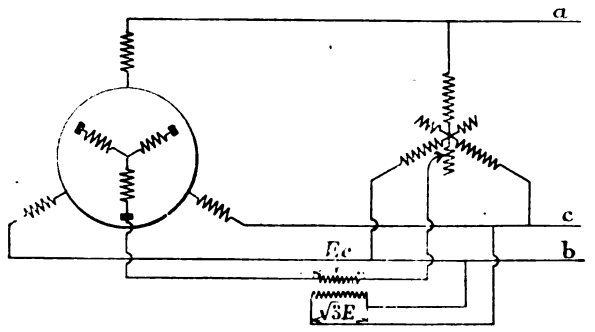


Fig. 5.

moteur au facteur de puissance unité, il faut introduire dans le rotor une force électromotrice de compensation qui déphase en avant d'environ 90° la force électromotrice induite dans le rotor. Cette force électromotrice de compensation peut être obtenue par un petit transformateur auxiliaire branché sur le réseau comme le montre la figure 5, sur laquelle on n'a figuré

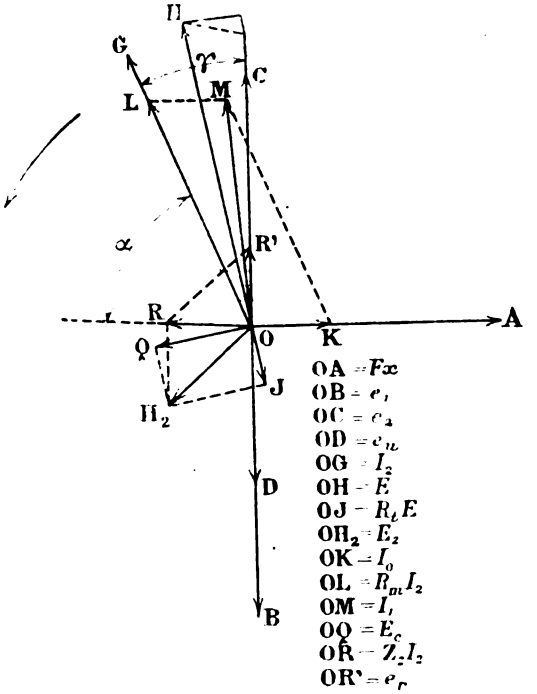


Fig. 6.

qu'un seule phase pour plus de simplicité. Le diagramme est tracé pour le cas de la marche au-dessous du synchronisme :

Digitized by Google

alors la force électromotrice du courant injecté dans le rotor est en opposition de phase avec la force électromotrice induite dans le rotor et par suite en opposition avec la force électromotrice aux bornes du stator. Pour une marche au-dessus du synchronisme, les balais devraient être alimentés par des prises de l'autre côté du point neutre, la force électromotrice du courant injecté étant alors en phase avec la force électromotrice induite. Supposons maintenant que les balais soient placés de telle manière que les axes des bobines du stator et du rotor coïncident ; le diagramme prend la forme indiquée par la figure 6 pour le cas où le moteur tourne à une vitesse inférieure au synchronisme et par la figure 7 dans le cas d'une vitesse supérieure au synchronisme.

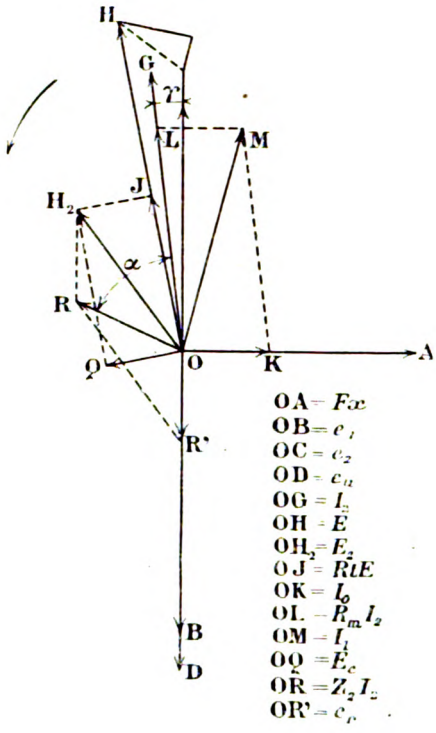


Fig. 7.

Les vecteurs AO, OB, OC et OD représentent les mêmes quantités que sur la figure 4, la force électromotrice entre le point neutre et la prise au transformateur est $R_t E$. R_t étant le rapport de transformation du transformateur et E la tension d'alimentation (tension étoilée) ; $R_t E$ est représentée par OJ sur le diagramme, elle est en opposition avec E sur la figure 6 et en phase sur la figure 7, le tout en négligeant l'action du petit transformateur de compensation. Cette force électromotrice de compensation est E_c et représentée par OQ, en avance de 90° sur E ; la tension résultante au rotor est E_2, résultante de $R_t E$ et E_c elle est représentée par OH_2 ; OR' est la force électromotrice du rotor $e_r = e_2 S$, et OR est la résultante de E_2 et de e_r qui est la force électromotrice nécessaire pour vaincre l'impédance du rotor. Le courant I_2 dans le rotor est déphasé en arrière de α sur OR, et le courant du stator I_1 est la somme vectorielle de $R_m I_2$ et du courant magnétisant I_0 ; ces courants sont représentés respectivement par les vecteurs OG, OM, OL et OK ; OH représente la force électromotrice d'alimentation. Les expressions analytiques du couple, du facteur de puissance et des courants peuvent être déduites du diagramme en utilisant les quantités complexes ; ces expressions sont extrêmement compliquées.

Posant

$$R = \frac{R_r}{R_m}, \qquad Q = \frac{R_c}{R_m},$$

et représentant par x_1, r_1, l'inductance et la résistance du stator ; par x_2, r_2 l'inductance et la résistance du rotor ; par x_0 l'impédance d'excitation par phase, puis procédant à d'autres simplifications, l'auteur obtient la valeur

$$I_0 = E\left[\frac{\overline{1-R}\,r_1 - Q\left(x_1 + x_0 \times \overline{1+S}\right) - j\left[Q r_1 + \overline{1-R}\left(x_1 + x_0 \times \overline{1+S}\right)\right]}{r_1^2 + \left(x_1 + x_0 . \overline{1+S}\right)^2}\right],$$

dont la valeur algébrique est

$$I_0 = \frac{E}{x_0}\sqrt{\frac{(1-R)^2 + Q^2}{\left(\frac{r_1}{x_0}\right)^2 + \left(\frac{x_1}{x_0} + 1 + S\right)^2}};$$

posant $\frac{x_1}{r_1} = \operatorname{tg}\alpha, \qquad x_1^2 + r_1^2 = r_1^2(1 + \operatorname{tg}^2\alpha)$

et

$$k = \frac{r_1}{x_0} + \operatorname{tg}\alpha\left(1 + \frac{x_1}{x_0}\right),$$

il obtient

$$\frac{I_2}{I_s} = \sqrt{\frac{(Q^2 + R^2)\left[\left(\frac{r_1}{x_0}\right)^2 + \left(1 + \frac{x_1}{x_0}\right)^2\right] + 2S\left[R\left(1 + \frac{x_1}{x_0}\right) + Q\frac{r_1}{x_0}\right] + S^2}{\left(\frac{r_1}{x_0}\right)^2 + \left(\frac{x_1}{x_0} + 1 + S\right)^2}};$$

$$I_s = \frac{R_m E}{2\sqrt{r_2^2 + x_2^2}},$$

est le courant de court-circuit.

La puissance mécanique par phase est égale, en watts, à $e_u I_2 \cos\gamma$ et le couple est

$$T_q = \frac{e_u I_2 \cos\gamma}{61{,}6\,u},$$

Si u_1 est la vitesse de synchronisme en tours par seconde ; on a

$$e_u = \frac{u}{u_1} e_2 ;$$

après des substitutions diverses, l'auteur arrive à la valeur du couple

$$T_q = \frac{E^2}{61{,}6 u_1 r_1 (1 + \operatorname{tg}^2\alpha)} \cdot \frac{(\overline{R\,1-R} - Q^2) + Qk + S(1 - R + Q\operatorname{tg}\alpha)}{\left(\frac{r_1}{x_0}\right)^2 + \left(\frac{x_1}{x_0} + 1 + S\right)^2}.$$

Digitized by Google

Si $1 - R + Q \operatorname{tg} \alpha$ est positif, ce qui est le cas qui se présente en pratique, le couple devient nul lorsque le numérateur est nul, c'est-à-dire pour le glissement

$$S_0 = - \frac{(R\sqrt{1 - R - Q^2}) + Qk}{1 - R + Q \operatorname{tg} \alpha},$$

c'est la marche à vide. On voit que cette vitesse peut être modifiée à volonté en réglant R, c'est-à-dire en réglant la la force électromotrice du courant injecté dans le rotor; Q étant toujours petit, la vitesse à vide est approximativement égale à $(1 + R)\, u_1$. Le diagramme de la figure 8

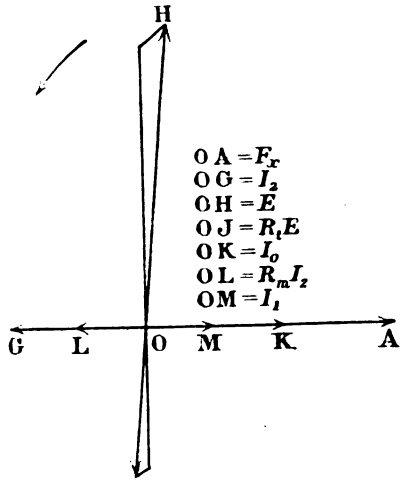


Fig. 8.

montre les conditions réalisées au démarrage (on a supposé $R_m = 0{,}5$), on voit que le courant magnétisant est fourni moitié par le stator, moitié par le rotor; la valeur du couple

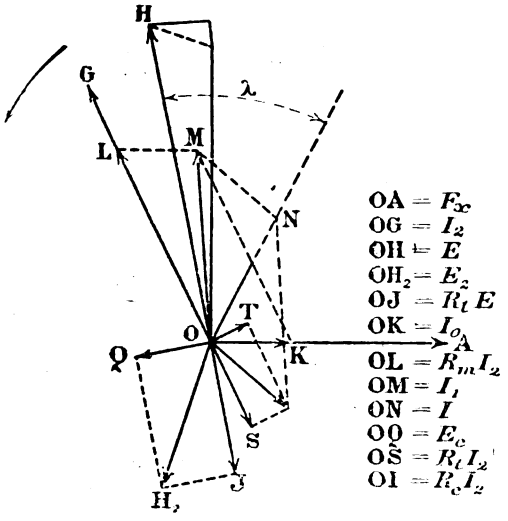


Fig. 9.

de démarrage s'obtient en faisant $S = 1$ dans l'équation du couple, on a ainsi

$$T_q = \frac{E^2}{61{,}6\, u_1 r_1 (1 + \operatorname{tg}^2 \alpha)} \frac{1 + Q(k + \operatorname{tg} \alpha - Q) - R^2}{\left(\frac{r_1}{r_0}\right)^2 + \left(\frac{r_1}{r_0} + 2\right)^2};$$

le couple devient égal à zéro si

$$R = \pm \sqrt{1 + Q(k + \operatorname{tg} \alpha - Q)}.$$

Le courant absorbé par le moteur peut être décomposé en deux parties; la première est en phase avec la tension d'alimentation, la seconde est en quadrature avec cette tension: la figure 9 montre le diagramme permettant d'obtenir I et l'angle de déphasage λ. L'auteur a calculé les facteurs de puissance pour différentes valeurs de R, les courbes tracées à l'aide de ses résultats montrent qu'il est impossible d'obtenir un facteur de puissance satisfaisant sur un intervalle de charge suffisant et que, en outre, la charge pour laquelle le facteur de puissance est égal à l'unité varie avec la vitesse à laquelle on fait tourner le moteur; en choisissant une certaine valeur de Q, il est cependant possible d'obtenir un facteur de puissance égal à l'unité à toutes les charges et la

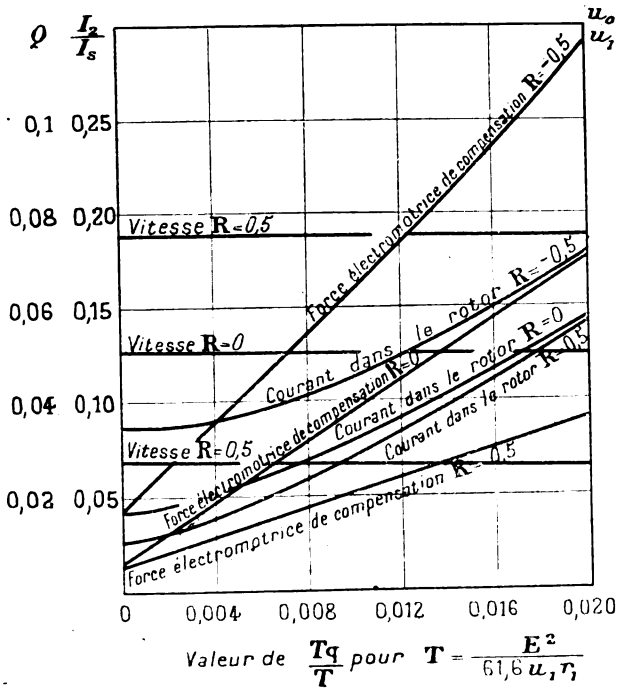


Fig. 10.

figure 10 montre les valeurs de Q qui permettent d'obtenir ce résultat pour les trois cas où l'on a

$$R = 0{,}5, \quad R = 0, \quad R = -0{,}5,$$

la même figure donne les valeurs correspondantes du courant dans le rotor.

Jusqu'à présent, on a supposé les balais placés dans l'axe des bobines primaires, il est possible de décaler ces balais; l'auteur examine ce cas en négligeant l'impédance du stator, et en supposant E_c, force électromotrice du courant amené au rotor, égale à zéro.

Le diagramme de la figure 11 se rapporte à ce cas, les balais étant décalés d'un angle θ. L'auteur en fait l'étude comme dans le premier cas, au moyen des quantités complexes et donne les expressions de I_2, T_q, I et λ. On a,

Digitized by Google

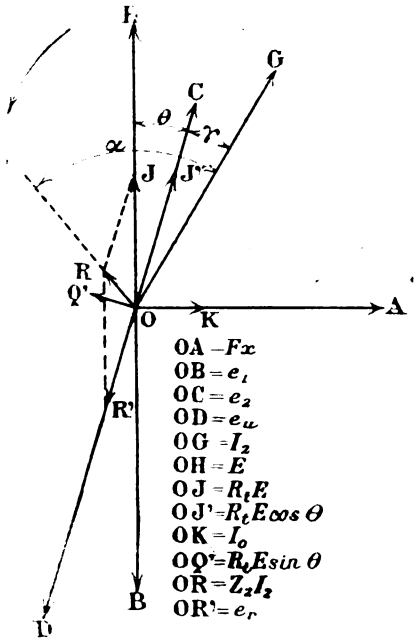


Fig. 11.

comme dans le premier cas.

$$I_s = \frac{R_m E}{2\sqrt{r_2^2 + x_2^2}},$$

et

$$\frac{I_2}{I_s} = 2\sqrt{R^2 + 2RS\cos\theta + S^2};$$

pour une valeur donnée de θ, le rapport $\frac{I^2}{I_s}$ est minimum pour

$$S = -R\cos\theta,$$

on a alors

$$\frac{I_2}{I_{s\min}} = 2R\sin\lambda.$$

Si le courant du rotor doit être maintenu dans des limites raisonnables, il convient de faire R et θ, ou R ou θ assez petits.

L'expression de tg λ est assez compliquée; il est cependant intéressant de la reproduire, car elle permet le calcul de S et de T_q dans le cas de marche avec un facteur de puissance unité. On a

$$\operatorname{tg}\lambda = \frac{\frac{r_2}{R_m^2 r_0}(1+\operatorname{tg}^2\alpha) + R\left(R\operatorname{tg}\alpha + \frac{\sin(\alpha-\theta)}{\cos\alpha}\right) + S\left(R\frac{\sin(\theta+\alpha)}{\cos\alpha} + \operatorname{tg}\alpha\right)}{R\left(R + \frac{\cos(\theta-\alpha)}{\cos\alpha}\right) + S\left(1 + R\frac{\cos(\theta+\alpha)}{\cos\alpha}\right)}.$$

Pour le facteur de puissance unité on a

$$S = \frac{R\left(R\operatorname{tg}\alpha + \frac{\sin(\alpha-\theta)}{\cos\alpha}\right) + \frac{r_2}{R_m^2 r_0}(1+\operatorname{tg}^2\alpha)}{R\frac{\sin(\theta+\alpha)}{\cos\alpha} + \operatorname{tg}\alpha}.$$

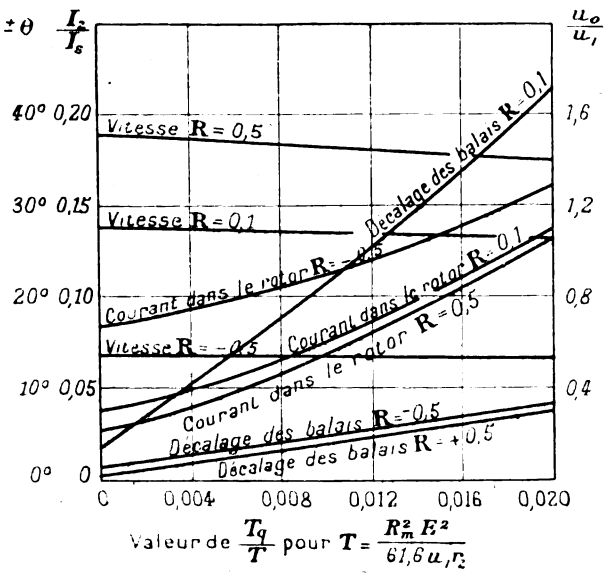


Fig. 12.

et le couple est donné par l'expression

$$T_1 = \frac{R_m^2 E}{61{,}6\,u_1 r_2} \times \frac{R\sin\theta(1+R\cos\theta) - \frac{r_2}{R_m^2 r_0}}{R\sin\theta + \operatorname{tg}\alpha(1+R\cos\theta)}.$$

Les courbes de la figure 12 ont été obtenues à l'aide de ces équations, elles donnent la vitesse, le courant dans le rotor et le déplacement des balais en fonction du couple, lorsque le facteur de puissance doit être maintenu constant.

E. B.

Couleur et éclat de différents corps lumineux en fonction de la température (1).

La qualité de la lumière est devenue un important facteur dans tout projet d'installation d'éclairage. La distribution de l'énergie émise par une source a d'abord seule intéressé le physicien ; ce n'est que dans ces dix dernières années que la qualité de la lumière a pris une place importante dans la technique de l'éclairage, et que l'on s'est ingénié à trouver des méthodes pour sa détermination.

En 1908, l'un des auteurs eut à étudier la couleur de la lumière émise, dans une série d'essais relatifs à une installation de tubes Moore ; peu de temps après F.-E. Ives inventait le « colorimètre » pour la détermination des couleurs de papiers et montrait que son appareil pouvait aussi s'appli-

(1) E.-P. Hyde et W.-E. Forsythe. *Transactions of the Illuminating Engineering Society*, 20 novembre 1921, t. XVI, p. 419-430, 4 000 mots, 1 fig., 1 tab.

Digitized by Google

quer à la lumière émise par le tube Moore; c'est probablement là le premier essai de ce genre. Les recherches sur la qualité de la lumière provenant de différents corps lumineux devinrent alors plus nombreuses et le colorimètre fut modifié en vue de son adaptation à ces travaux.

La qualité de la lumière évaluée au moyen du colorimètre est exprimée par le pourcentage de rouge, de vert et de bleu, par rapport à la lumière du jour prise dans certaines conditions. Cet évaluation est précieuse, mais l'interprétation des résultats est très difficile, surtout pour une personne non initiée. Aussi a-t-on longtemps préféré se servir des courbes spectrophotométriques de la source. Il semble pourtant que pour les corps lumineux, tels que les tubes de Moore, dont l'émisssion est formée en majeure partie de radiations sélectionnées, ce soit la meilleure méthode que l'on puisse employer pour caractériser la qualité de la lumière produite.

Mais il se trouve que, pour la majorité des corps lumineux utilisés dans la pratique, la distribution des radiations est la même, ou est très voisine, de celle du corps noir ; ceci permet d'utiliser une autre méthode plus simple et à certains points de vue beaucoup plus satisfaisante. La discussion de cette méthode et les résultats qu'elle permet d'obtenir sont le but du présent article.

C'est la méthode dite des « températures-couleurs » basée sur la détermination de la couleur par la température qui lui correspond. Elle utilise la propriété suivante : la couleur de la lumière émise par le corps noir est uniquement fonction de la température.

Le procédé de détermination est facilement applicable dans tout laboratoire de photométrie, à condition d'avoir à sa disposition une lampe électrique à incandescence convenablement étalonnée. On place, de part et d'autre d'un photomètre à contraste, la lampe à étudier et une lampe de comparaison; puis on établit l'égalité des plages du photomètre en faisant varier le courant qui alimente cette dernière lampe; on substitue alors la lampe étalon à la lampe à étudier et on règle la différence de potentiel à ses bornes de façon à obtenir l'égalité d'éclairement avec la lampe de comparaison qui n'a pas été modifiée; la mesure de la différence de potentiel donne, en se reportant à la courbe d'étalonnage de la dernière lampe, la température-couleur de la lampe étudiée.

L'établissement de cette courbe d'étalonnage se fait par comparaison avec le corps noir ; c'est une opération un peu délicate, mais on ne doit la réaliser qu'une fois, ce qui permet d'y apporter tous les soins désirables.

On trouve ainsi, pour la valeur de cette température-couleur caractérisant quelques corps lumineux usuels: 1930° pour la flamme d'une bougie ordinaire, 2080° pour une lampe à filament de charbon (4 w par bougie), 2400° pour une lampe à filament de tungstène (1,25 w par bougie), 2880 pour une lampe de tungstène de 500 bougies (0,7 w par bougie), enfin 5600° pour la surface du soleil étudiée de la même façon. On voit la grande lacune qui existe entre la lumière émise par la meilleure de nos lampes et celle du soleil, en comparaison de la petite différence entre les sources lumineuses actuelles et celles qu'on employait anciennement, différence qui représente les progrès que nous avons fait dans la technique de l'éclairage.

Cette méthode n'est applicable qu'aux corps lumineux dont la lumière peut être comparée avec suffisamment d'approximation à celle du corps noir ; pour ceux dont l'émission est trop particulière pour que cette comparaison puisse être faite, on peut théoriquement employer l'une des trois méthodes suivantes :

1° La comparaison spectrophotométrique avec le corps noir (ou avec une source déjà étalonnée) et faire la détermination par le calcul en partant des lois de l'émission du corps noir ;

2° La détermination pyrométrique de l'éclat relatif de deux portions étroites prises à chacune des extrémités du spectre ;

3° La détermination ordinaire en interposant un écran bleu (ou d'autre couleur) convenablement choisi, soit sur le trajet de la lumière provenant de la source, soit sur celle de la lampe étalon.

Pour les sources dont la température est plus élevée que celle de notre meilleur corps noir (four électrique), il faut également utiliser l'une des méthodes compliquées ci-dessus, mais cela n'affecte pas beaucoup l'utilité pratique de la méthode des températures-couleurs, car ces sources sont peu nombreuses et la détermination peut être faite une fois pour toutes dans un laboratoire de physique.

Au contraire, il y a une réelle difficulté d'application, au sujet de la méthode des températures-couleurs, dans son adaptation pour les corps lumineux qui n'entrent pas dans la classe du corps noir, difficulté d'autant plus grande que les radiations sont plus sélectionnées. Heureusement le nombre de ces corps est faible, ce qui permet d'employer pour eux une méthode spéciale dans chaque cas.

Pour de telles sources, comme l'arc au mercure, la seule donnée de quelque valeur peut être obtenue par l'étude de la courbe spectrophotométrique de la source, puisque sa couleur, tout en dénaturant celle des objets voisins, dépend entièrement de la position, du nombre et de l'intensité des lignes brillantes de son spectre.

Une façon d'opérer s'imposait d'elle-même aux auteurs : elle consiste à déterminer quelle est la quantité de rouge, de vert, de bleu ou de plusieurs de ces couleurs qu'il faut ajouter à l'éclairage total d'une lampe servant à la détermination précise des températures-couleurs, pour obtenir la même qualité de lumière que celle de qui est donnée par la source étudiée. Si, par exemple, la qualité de la lumière d'un manchon à gaz ordinaire, qui est légèrement verte, peut s'exprimer par rapport aux températures-couleurs par $K° + n$ pour 100 de couleur verte, cette seule évaluation suffit ; elle indique de plus la différence qu'il y a avec l'échelle normale des températures-couleurs. Les auteurs n'ont pas eu la possibilité, dans les essais dont il est question ici, d'utiliser cette méthode bien qu'elle paraisse devoir donner quelques succès; ils ont basé leur détermination sur le calcul, en utilisant l'échelle des temperatures-couleurs et la température correspondant à l'éclat donné d'une source.

L'énergie, suivant une radiation du spectre visible est donnée par la loi de Wien

$$E = K_T C_1 \lambda^{-5} e^{\frac{-C_2}{\lambda T_c}},$$

dans laquelle T_c est la température-couleur et le facteur K_T correspond au pouvoir émissif. Pour les substances étudiées, il est très voisin de l'unité (1). Sa valeur peut être tirée de la température-couleur et de la température-éclat S (2) par la formule suivante

$$\log K_T = \frac{C_2 \log e}{\lambda} \left(\frac{1}{T_c} - \frac{1}{S} \right).$$

(1) Cette équation permet de voir que, pour une radiation donnée ou pour la totalité de l'émission, le rapport de l'éclat du corps noir, à la température T, à celui de la source étudiée, à la température T_c, est donné par $\frac{1}{K_T}$.

(2) La température-éclat s'obtient de la même façon que la température-couleur, en considérant l'éclat de la source étudiée et non sa couleur.

Digitized by Google

En utilisant les valeurs de K_r ainsi calculées et en connaissant, d'autre part, l'éclat du corps noir à la température T_c, on a obtenu les valeurs de l'éclat pour différentes sources reproduites dans le tableau suivant

TABLEAU I.

Température-couleur, température-éclat et éclat de différentes sources lumineuses.

SOURCE	T_c	$S_\lambda = 665\,m\mu$	ÉCLAT en candle par cm²
Bec de gaz (1) :			
Bec papillon	2 160		
Flamme de 10 cm de haut	1 875		
Lampe Hefner	1 880		
Bougie :			
Paraffine	1 925		
Spermaceti	1 930		
Lampe au pentane (2)	1 920		
Pétrole lampant :			
Lampe à mèche plate	2 055	1 500	1,27
Lampe à mèche ronde	1 920	1 530	1,52
Electrique :			
Filament de charbon (4 watts : bougie)	2 080	2 030	54,9
Filament de charbon traité (3,1 watt : bougie)	2 165	2 065	70,6
Filament d'osmium (1 watt : bougie)	2 185	2 035	60,8
Filament de tantale (2 watts : bougie)	2 260	2 000	53,1
Acétylène :			
Flamme nue (3)	2 465	1 660	6,69
Bec brûleur	2 360	1 730	10,8
Electrique :			
Filament tungstène (1,25 watt : bougie)	2 400	2 150	125,0
Lampe Nernst (2,3 watt : bougie)	2 400	2 320	258,0
Soleil (4) :			
Photosphère	6 500		
Chromosphère	5 600		

(1) Mélange de gaz de houille et de gaz à l'eau.
(2) D'après le Bureau of Standards.
(3) Bec (sans reflecteur) de phare d'automobile.
(4) Calculé d'après les données de Abbot.

Dans la discussion qui suit cet article, l'un des auteurs essaye de justifier ces appellations de température-couleur et température-éclat qui, à première vue, paraissent fort arbitraires, et que l'on se croit difficilement autorisé à écrire. Dans la pratique de plusieurs années de déterminations de températures de fours, notamment ceux utilisés pour la fusion des métaux et celle du verre, on emploie ce que l'on appelle les températures du rouge, du vert, du bleu du corps noir. Ce sont des appellations en tous points semblables à celles de cet article (1).

On fait remarquer, d'autre part, que la considération de la qualité de la lumière d'une source fait très bien saisir comment il faut opérer pour modifier cette qualité, en particulier comment on peut obtenir une lumière analogue à celle du jour au moyen d'une lampe artificielle (ce dernier point est aujourd'hui résolu pratiquement). Il suffit de faire absorber, par un verre coloré convenable, les radiations émises par la source en plus de celles que donnerait le corps noir pour la même température. — B. E.

(1) Ce sujet a déjà fait l'objet de quelques notes dans lesquelles il est question de température optique, ce terme serait ici un peu trop général puisque l'on envisage séparément les échelles de températures correspondant à la couleur et l'éclat. Voir *R. G. E.* du 8 juin 1918, t. III, p. 180 D; *R. G. E.* du 12 octobre 1918, t. IV, p. 113 D et *R. G. E.*, du 8 février 1919, t. V, p. 210-217, 7 fig.

Mesures de temps et de pression dans la décharge en couronne (1).

La décharge en couronne qui éclate entre un tube et un fil axial a été étudiée par divers auteurs, mais il ne résultait pas de ces expériences que l'accroissement de pression observé dans la couronne soit un phénomène caractéristique de ce mode de décharge. Cet accroissement peut, en effet, résulter simplement de l'échauffement local du gaz dû au passage du courant. Dans ce cas, ce phénomène serait un pur effet thermique, non caractéristique de la décharge en couronne. Si, au contraire, la pression provient de l'ionisation ou d'un vent ionique, elle serait un phénomène caractéristique de ce mode de décharge. C'est dans le but d'élucider ce point particulier que l'auteur a entrepris ce travail.

Du fait que la pression pourrait être la conséquence d'un vent ionique, on a cherché à mettre en évidence des différences de pression entre la région proche des parois du tube et celle avoisinant le fil. On a utilisé pour cela un manomètre différentiel du type Wahlin. L'appareil était disposé de façon à pouvoir mesurer la différence de pression existant entre les parois du tube et les points voisins du fil axial. On a constaté que l'air devait être convenablement desséché. En décharge continue sous 12 000 v, on a pu mettre en évidence une différence de pression mesurée par 0,004 cm d'eau entre le fil et le tube, les pressions les plus élevées étant toujours du côté des parois du tube, que le fil soit positif ou négatif. C'est à peu près le nombre calculé par Tyndall, en supposant la différence de pression attribuable à un vent ionique. Il s'agirait donc d'un mouvement d'ions comme cause première des différences de pression observées.

Dans le but de permettre une distinction entre l'effet de pression propre à la couronne et un effet purement thermique, on a cherché à se rendre compte du temps pris par le gaz de la couronne pour atteindre l'état de régime. On a fait parcourir le tube par du courant alternatif (sous 12 000 v environ) et à 60 p : s. Dans ces conditions, un nouveau phénomène a d'abord pu être observé : un changement périodique de pression se produit, dont la fréquence est le double de celle de la force électromotrice appliquée.

En enregistrant le phénomène, on constate que : 1° en décharge continue, la différence de pression croît graduellement, atteignant en 1,5 seconde environ une valeur limite proportionnelle à l'intensité du courant; 2° en décharge alternative, on obtient des courbes analogues, à ceci près qu'au phénomène observé en courant continu vient se superposer la variation périodique de pression citée plus haut, de fréquence double de celle du courant alternatif, et dont la valeur est mesurée par une colonne d'eau de 0,3 cm de hauteur. Au contraire, lorsque le fil est chauffé sans décharge, par le passage d'un courant continu ou alternatif, la courbe des pressions n'atteint son ordonnée limite qu'au bout de vingt secondes et ne manifeste pas de variations périodiques. Enfin, si l'état de régime lors de la décharge étant atteint, on arrête le courant, la différence de pression ou bien décroît jusqu'à une valeur limite inférieure, ou bien s'élève jusqu'à un maximum pour décroître ensuite jusqu'à une valeur limite inférieure ou supérieure à la valeur initiale, selon la différence de potentiel appliquée pendant la décharge. Évidemment, plusieurs effets sont alors superposés.

En résumé, les expériences précédentes montrent l'existence de différences de pressions caractéristiques dans la couronne, en addition à l'accroissement de pression due au chauffage du gaz par le courant qui traverse le fil. — L. B.

(1) C.-S. FAZEL. *Physical Review*, février 1922, t. XIX, p. 157-164, 3 200 mots, 8 fig.

Digitized by Google

SECTION INDUSTRIELLE

La vérification des connexions des compteurs à haute tension

La connexion d'un compteur triphasé à haute tension est toujours une opération délicate à cause de la complication résultant de la présence des transformateurs de mesure. Même lorsque cette connexion est effectuée par un monteur spécialiste, une erreur est toujours possible. L'auteur indique une méthode permettant de reconnaître rapidement, sans le secours d'aucun appareil spécial, et avec un degré de certitude pratiquement suffisant, si les connexions d'un compteur sont correctement effectuées.

I. **Introduction.** — La connexion des compteurs à haute tension constitue toujours une opération assez délicate et, quelle que soit l'expérience des agents à qui l'on confie cette besogne, il est presque impossible d'avoir la certitude qu'une erreur ne s'est pas glissée dans les connexions. La vérification de celles-ci est d'autant plus difficile que, souvent, le compteur n'est pas placé à côté des transformateurs de mesure et que les fils de connexion ne peuvent pas être facilement repérés, soit parce qu'ils ne sont pas visibles sur tout leur parcours, soit parce qu'ils sont posés sous tubes. J'ai rencontré récemment un cas où, malgré plusieurs vérifications, le monteur chargé de la pose du compteur n'a pas trouvé une erreur de connexion qui faussait complètement les résultats et que, seul, un étalonnage aux wattmètres fait sur place a permis de déceler. Il est vrai d'ajouter que le montage et les vérifications avaient été faits dans des circonstances particulièrement difficiles, mais il n'en reste pas moins vrai qu'une erreur est toujours à craindre. Même si les connexions extérieures sont exécutées conformément au schéma fourni par le constructeur, il ne s'ensuit pas nécessairement que le compteur fonctionnera normalement, car il arrive souvent, trop souvent même, que les connexions intérieures du compteur ou des transformateurs de mesures soient erronées. C'est pourquoi je me suis demandé s'il ne serait pas possible d'indiquer aux monteurs chargés du placement des compteurs quelques essais très simples, pouvant être effectués sans le secours d'aucun appareil, et permettant d'affirmer avec une certitude suffisante que le compteur est bien branché. Je crois être arrivé à un résultat assez satisfaisant, sans cependant être parfait et, comme jusqu'ici je n'ai rencontré nulle part l'exposé d'essais de ce genre, il me paraît intéressant de les indiquer.

Le but que je me propose est donc simplement de reconnaître si le compteur est bien branché, sans vouloir rechercher, dans la négative, quelle est l'erreur qui a été commise.

Rappelons d'abord rapidement la remarque sur laquelle est basée la mesure des puissances et des quantités d'énergie en courants triphasés.

La puissance instantanée d'un système triphasé en étoile (fig. 1) est donnée par

$$p = e_1 i_1 + e_2 i_2 + e_3 i_3,$$

i_1, i_2 et i_3 étant les courants dans les fils de ligne et e_1, e_2, et e_3, les tensions étoilées du système. En tenant

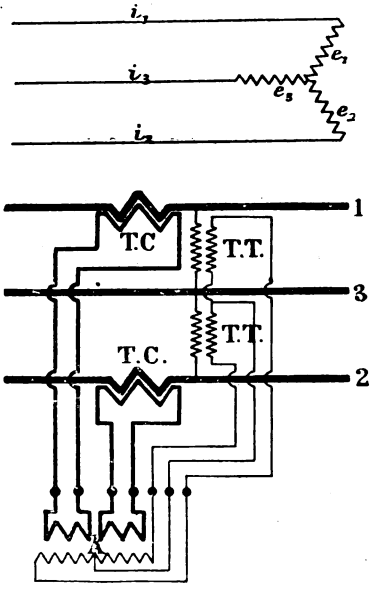


Fig. 1. — Schéma général d'un système triphasé en étoile.
Fig. 2. — Montage des compteurs sur un circuit triphasé, directement ou avec transformateurs de tension et d'intensité.

compte de ce que $i_3 = -(i_1 + i_2)$, la formule ci-dessus devient

$$p = i_1 (e_1 - e_3) + i_2 (e_2 - e_3). \qquad (1)$$

Si le système avait été monté en triangle, nous aurions

Digitized by Google

en, en appelant i_{1-2}, i_{2-3} et i_{3-1}, les courants dans les côtés du triangle

$$p = i_{1-2}(e_1 - e_2) + i_{2-3}(e_2 - e_3) + i_{3-1}(e_3 - e_1)$$
$$= (i_{1-2} - i_{3-1})e_1 + (i_{2-3} - i_{1-2})e_2 + (i_{3-1} - i_{2-3})e_3$$
$$= i_1 e_1 + i_2 e_2 + i_3 e_3.$$

Nous sommes ainsi ramenés à la formule (1) qui est applicable à tous les cas.

La puissance moyenne P est donnée par

$$P = \frac{1}{T}\int_0^T i_1 (e_1 - e_3)\,dt + \frac{1}{T}\int_0^T i_2 (e_2 - e_3)\,dt$$

et est mesurée par deux wattmètres dont les enroulements d'intensité sont intercalés dans les fils 1 et 2, et dont les enroulements de tension sont branchés respectivement entre les fils 1 et 3 et les fils 2 et 3.

Si, au lieu de mesurer la puissance, on veut mesurer l'énergie consommée, on remplace les wattmètres par deux compteurs monophasés, ou plus généralement par un compteur triphasé composé de deux équipages monophasés calés sur un même axe et dont les actions s'ajoutent algébriquement. Si le circuit considéré est à haute tension, on interpose des transformateurs réducteurs de courant TC et de tension TT, ce qui conduit au schéma ci-contre (fig. 2).

Pour nous rendre compte de l'influence d'une erreur éventuelle des connexions, représentons vectoriellement les tensions et courants en jeu. Soient (fig. 3) E_1,

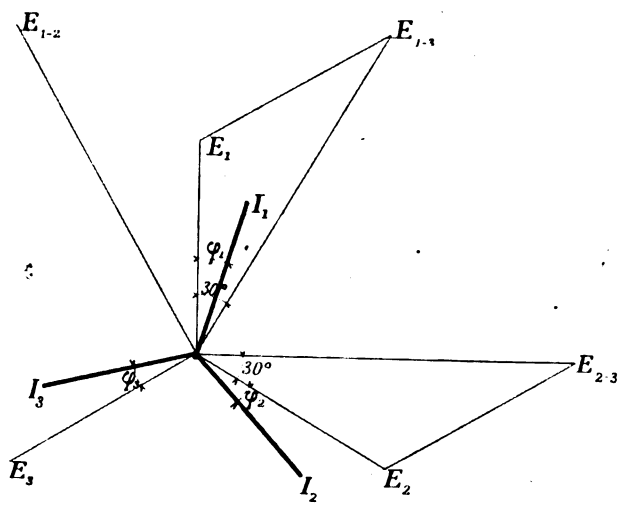


Fig. 3. — Diagramme des tensions et des intensités d'un système triphasé en étoile.

E_2, et E_3 les tensions efficaces dans chacune des branches de l'étoile ; I_1, I_2 et I_3, les courants efficaces dans chacun des fils de ligne.

Dans le premier équipage du compteur, la bobine en série est traversée par un courant proportionnel à I_1 et en phase avec ce courant, tandis que la bobine en dérivation est traversée par un courant proportionnel à E_{1-3} et en phase avec cette tension.

Le couple dû à cet équipage est donc proportionnel à

$$I_1 E_{1-3} \cos \widehat{I_1 E_{1-3}} = I_1 E_{1-3} \cos(30° - \varphi_1).$$

De même le couple dû à cet équipage est proportionnel à

$$I_2 E_{2-3} \cos \widehat{I_2 E_{2-3}} = I_2 E_{2-3} \cos(30° + \varphi_2).$$

Nous pouvons considérer, pour le but que nous poursuivons, que les tensions et les courants sont égaux dans les trois phases, de même que les déphasages ; s'il s'agit d'une ligne alimentant uniquement des moteurs, comme c'est souvent le cas lorsque l'énergie est vendue en haute tension, l'hypothèse est exacte ; si la charge est partiellement constituée par des lampes ou des récepteurs monophasés, elle est en général suffisamment équilibrée pour que l'on puisse admettre cette approximation. Dès lors,

$$E_1 = E_2 = E_3 = E, \quad I_1 = I_2 = I_3 = I, \quad \varphi_1 = \varphi_2 = \varphi_3 = \varphi$$

et

$$E_{1-2} = E_{2-3} = E_{3-1} = E\sqrt{3}.$$

Le couple moteur du premier équipage devient proportionnel à

$$EI\sqrt{3}\cos(30° - \varphi).$$

et celui du second équipage à

$$EI\sqrt{3}\cos(30° + \varphi).$$

Le couple total est donc proportionnel à

$$EI\sqrt{3}\{\cos(30° - \varphi) + \cos(30° + \varphi)\} = 3EI\cos\varphi. \quad (2)$$

Examinons maintenant systématiquement les différentes erreurs de connexion qui peuvent se présenter. Le compteur comporte 7 bornes dont 3 de tension et 4 d'intensité. J'écarterai d'abord, comme tout à fait improbable, l'erreur grossière qui consisterait à confondre les bornes de tension avec les bornes de courant ; du reste, si elle se produisait, elle aurait probablement comme conséquence, grâce à la mise à la terre obligatoire d'un point du circuit secondaire de chacun des réducteurs, la fusion d'un ou de plusieurs fusibles du réducteur de tension.

II. **Erreurs dans la connexion des bobines en série.** — Si nous examinons toutes les combinaisons qui peuvent se rencontrer dans la connexion des bobines en série, nous voyons qu'elles conduisent toujours à l'un des résultats suivants :

1° Inversion du courant dans l'une des bobines série ; cette erreur a pour effet de renverser le sens du couple de l'équipage correspondant à cette bobine ;

Digitized by Google

2° Inversion du courant dans les deux bobines série; cette erreur a pour effet de renverser le sens des couples des deux équipages : le compteur tourne à vitesse normale, mais en sens inverse; l'erreur ne peut donc pas passer inaperçue;

3° Permutation des courants traversant les bobines série des deux équipages : le premier est soumis au courant qui devrait agir sur le second et inversement;

4° Connexion de chacune des bobines série, non pas entre les deux bornes d'un même transformateur de courant, mais bien entre deux bornes de deux transformateurs différents : les circuits secondaires de ces transformateurs ne sont pas fermés; aucun courant ne traverse les bobines série et le compteur ne démarre pas.

Les seules erreurs de connexion nécessitant un examen approfondi sont celles qui sont compatibles avec une marche du compteur en sens normal : ce sont celles indiquées au 1° et au 3°. Nous devrons donc, pour chacune des combinaisons de tension que nous allons étudier, examiner le cas où le courant de l'un des enroulements série serait inversé, et celui où les courants seraient permutés dans les deux enroulements série.

III. **Erreur dans la connexion des bobines en dérivation.** — Les bornes de tension étant au nombre de 3 peuvent donner lieu à 6 combinaisons que nous désignerons comme suit :

1 3 2 connexions exactes,
2 3 1 } connexions erronées.
2 1 3 }
3 1 2 }
3 2 1 }
1 2 3 }

A. Combinaison 1, 3, 2. — 1° Cette combinaison étant supposée exacte pour les enroulements en dérivation, si les enroulements en série sont également bien connectés, la marche du compteur est normale et la puissance enregistrée est

$$3EI\cos\varphi, \qquad (a)$$

2° Si l'une des bobines en série est traversée par un courant inversé, les couples des deux équipages se retranchent au lieu de s'ajouter et le couple résultant est alors égal à

$$EI\sqrt{3}\cos[(30°-\varphi)-\cos(30°+\varphi)]=EI\sqrt{3}\sin\varphi. \qquad (b)$$

3° Si les courants traversant les bobines série sont intervertis, le couple dû au premier équipage sera proportionnel à I_2, à E_{1-3} et au cosinus de l'angle de déphasage de ces deux grandeurs. En se reportant au diagramme vectoriel, on voit facilement que ce couple sera proportionnel à

$$EI\sqrt{3}\cos(90°+\varphi)=-EI\sqrt{3}\sin\varphi.$$

De même, le couple dû au second équipage sera proportionnel à I_1, à E_{2-3} et à $\cos(90°-\varphi)$, soit

$$EI\sqrt{3}\cos(90°-\varphi)=EI\sqrt{3}\sin\varphi.$$

Suivant le sens du courant dans chacune des bobines en série, ces couples s'ajouteront ou se retrancheront; dans le premier cas, le couple résultant sera nul; dans le second cas, il sera égal à

$$2EI\sqrt{3}\sin\varphi. \qquad (c)$$

B. Combinaison 2-3-1. — Cette combinaison correspond à la précédente dans laquelle on a interverti les courants traversant les enroulements en dérivation; cette interversion produit le même résultat que l'interversion des courants entre les deux enroulements série, et le cas se ramène au précédent.

C. Combinaison 2-1-3. — 1° La bobine en dérivation du premier équipage est traversée par un courant proportionnel à E_{1-2}, tandis que sa bobine série est traversée par un courant proportionnel à I_1. D'après le diagramme vectoriel, on voit facilement que le couple dû à cet équipage sera proportionnel à

$$EI\sqrt{3}(\cos 30°+\varphi).$$

Quant au second équipage, sa bobine à fil fin sera traversée par un courant proportionnel à E_{1-3} et sa bobine série par un courant proportionnel à I_2. Le couple dû à cet équipage sera donc

$$EI\sqrt{3}\cos(90°+\varphi)=-EI\sqrt{3}\sin\varphi.$$

Le couple résultant total sera

$$EI\sqrt{3}[\cos(30°+\varphi)-\sin\varphi]$$
$$=EI\sqrt{3}(0{,}866\cos\varphi-1{,}5\sin\varphi), \qquad (d)$$

2°-En cas d'inversion du sens du courant dans l'une des bobines, le sens de l'un des couples est modifié et les couples partiels se retranchent au lieu de s'ajouter. Le couple total sera donc, abstraction faite du signe,

$$EI\sqrt{3}(0{,}866\cos\varphi+0{,}5\sin\varphi). \qquad (e)$$

3° En cas d'interversion des courants parcourant les bobines d'intensité, l'enroulement en dérivation de l'un des équipages est traversé par un courant proportionnel à E_{3-1}, tandis que l'enroulement série du même équipage est traversé par un courant proportionnel à I_1; l'enroulement en dérivation de l'autre équipage est traversé par un courant proportionnel à E_{2-1} et son enroulement série par un courant proportionnel à I_2. Les couples produits par ces courants dans les deux équipages sont tous deux proportionnels à

$$EI\sqrt{3}\cos(30°-\varphi).$$

Digitized by Google

Suivant le sens des courants, ils s'ajoutent ou se retranchent. Dans le premier cas, le couple résultant est égal à

$$2EI\sqrt{3}\cos(30^\circ-\varphi)=EI\sqrt{3}(1{,}732\cos\varphi+\sin\varphi); \quad (f)$$

dans le second cas, il est nul.

D. Combinaison 3-1-2. — Cette combinaison se confond avec la précédente, de même que les deux premières combinaisons envisagées se confondent entre elles et pour le même motif.

E. Combinaison 3-2-1. — 1° La bobine en dérivation du premier équipage est traversée par un courant proportionnel à E_{3-2}, tandis que la bobine en série du même équipage est parcourue par un courant proportionnel à I_1. Le couple dû à cet équipage est donc proportionnel, d'après le diagramme vectoriel, à

$$EI\sqrt{3}\cos(90^\circ-\varphi).$$

La bobine en dérivation du second équipage est traversée par un courant proportionnel à E_{1-2} et sa bobine en série par un courant proportionnel à I_2; le couple dû à cet équipage est proportionnel à

$$EI\sqrt{3}\cos(30^\circ-\varphi).$$

Le couple total, abstraction faite du signe, sera donc proportionnel à

$$EI\sqrt{3}\left\{\cos(90^\circ-\varphi)+\cos(30^\circ-\varphi)\right\}$$

ou

$$EI\sqrt{3}\left\{0{,}866\cos\varphi+1{,}5\sin\varphi\right\}. \quad (g)$$

2° En cas d'inversion du courant dans un des enroulements série, les couples partiels se retranchent au lieu de s'ajouter et le couple total devient proportionnel à

$$EI\sqrt{3}(0{,}866\cos\varphi-0{,}5\sin\varphi). \quad (h)$$

3° En cas d'interversion des courants parcourant les deux bobines d'intensité, les courants agissant sur l'un des équipages sont proportionnels à E_{1-2} et I_1, tandis que ceux agissant sur l'autre sont proportionnels à E_{3-2} et I_2. Les couples partiels sont tous deux proportionnels à

$$EI\sqrt{3}\cos(30^\circ+\varphi).$$

Suivant le sens des courants, ils s'ajoutent ou se retranchent. Dans le premier cas, le couple résultant est égal à

$$2EI\sqrt{3}\cos(30^\circ+\varphi)=EI\sqrt{3}(1{,}732\cos\varphi-\sin\varphi); \quad (i)$$

dans le second cas, il est nul.

F. Combinaison 1-2-3. — Comme dans le cas des combinaisons A et B, C et D, et pour les mêmes raisons cette combinaison se confond avec la précédente.

IV. **Influence des erreurs de connexion.** — Il résulte de ce qui précède que, si l'on connecte de façon absolument quelconque les enroulements à gros fil d'un compteur triphasé à ses réducteurs de courant et les enroulements à fil fin à ses réducteurs de tension, ce compteur se comportera de l'une des trois façons suivantes :

1° Il ne tournera pas;

2° Il tournera à l'envers;

3° Il tournera à l'endroit en donnant des indications proportionnelles à l'une des quantités :

a) $3EI\cos\varphi$,

b) $EI\sqrt{3}\sin\varphi$,

c) $2EI\sqrt{3}\sin\varphi$,

d) $EI\sqrt{3}(0{,}866\cos\varphi-1{,}5\sin\varphi)$,

e) $EI\sqrt{3}(0{,}866\cos\varphi+0{,}5\sin\varphi)$,

f) $EI\sqrt{3}(1{,}732\cos\varphi+\sin\varphi)$,

g) $EI\sqrt{3}(0{,}866\cos\varphi+1{,}5\sin\varphi)$,

h) $EI\sqrt{3}(0{,}866\cos\varphi-0{,}5\sin\varphi)$,

i) $EI\sqrt{3}(1{,}732\cos\varphi-\sin\varphi)$.

Parmi ces trois éventualités, les deux premières se décèlent à première vue et ne peuvent pas passer inaperçues.

Parmi les neuf cas correspondant à la troisième éventualité, le premier seul donne un enregistrement exact de la puissance consommée. Il s'agit donc d'arriver à reconnaître par quelques essais rapides si l'on se trouve en présence de l'un des huit autres cas. Pour cela, remarquons que le rapport entre les indications d'un compteur d'un montage défectueux et celles du même compteur connecté correctement ne dépendent que de la valeur de l'angle de déphasage. Dressons, pour chacun des neuf cas ci-dessus, les courbes représentatives du rapport $n=\dfrac{\text{puissance lue au compteur}}{\text{puissance vraie}}$ par lequel il faut diviser la puissance lue pour avoir la puissance vraie, en fonction du facteur de puissance. Nous obtenons ainsi les courbes a, b, c, d, e, f, g, h, i, de la figure 4. Trois d'entre elles, d, h, i, présentent une partie négative; ce qui signifie que, pour ces valeurs du facteur de puissance, le compteur tournera à l'envers. Cette partie n'est pas à considérer, mais il faut envisager le cas où, le courant étant inversé dans deux enroulements, le sens de rotation changerait et la partie négative de la courbe deviendrait positive : il faut donc compléter la figure 4 par l'adjonction des trois courbes d', h', i', symétriques de d, h, i, par rapport à l'axe des abscisses. Il y a ainsi 11 courbes erronées possibles qu'il s'agit de distinguer de la courbe vraie a.

V. **Essais.** — A. Essai a vide. — Parmi les différents essais que nous pouvons imaginer, le plus simple est

Digitized by Google

probablement l'observation de la marche à vide. En effet, s'il est vrai que nous ne possédons aucune base d'appréciation certaine pour évaluer la charge lorsqu'une partie des récepteurs, ou même la totalité de ceux-ci, est en fonctionnement, il n'en est pas de même lorsque le ou les transformateurs, dans le circuit primaire desquels se trouve placé le compteur, marchent à vide. Sans connaître exactement la puissance absorbée à vide par ces appareils, nous pouvons admettre que nous ne ferons pas une erreur de plus de 100 pour 100 en l'évaluant, pour les appareils de construction courante, à 2 pour 100 dans les transformateurs d'une puissance inférieure à 30 kv-a, à 1,5 pour 100 dans les transformateurs de puissance comprise entre 30 et 100 kv-a, et à 1 pour 100 dans ceux de puissance supérieure. Dans les cas spéciaux, tel que celui des transformateurs à pertes à vide très réduites, on peut toujours modifier ces chiffres en appréciant la perte probable.

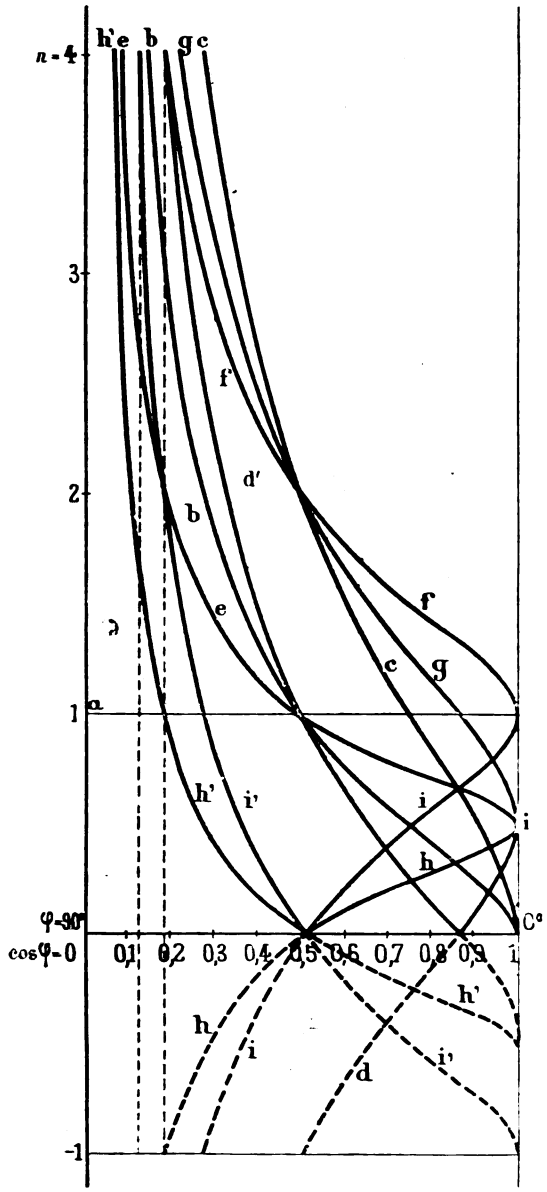


Fig. 3. — Courbes donnant les valeurs de n, rapport de la puissance lue sur un compteur mal connecté à la puissance vraie, en fonction du cosinus de l'angle de déphasage.

D'autre part, il résulte de données que j'ai recueillies chez divers constructeurs que le facteur de puissance à vide varie dans des limites fort étroites avec le type et la puissance des appareils considérés; c'est ainsi que, pour des transformateurs variant de 10 à 500 kv-a et de constructions différentes, le facteur de puissance reste compris entre 0,130 et 0,180.

Cette constance du facteur de puissance, jointe à la connaissance de l'ordre de grandeur des pertes à vide, va nous permettre d'éliminer d'emblée toute une série d'erreurs éventuelles dans les connexions du compteur. En effet, si nous examinons les courbes d'erreur, nous constatons que, pour ces valeurs de cos φ, les courbes conduisent presque toutes à des erreurs supérieures à 300 pour 100. Seules les trois courbes e, i' et h' conduisent à des résultats tels qu'une hésitation serait possible dans certains cas.

L'essai à vide, s'il conduit à une puissance inférieure à 2 ou 3 pour 100 de la puissance apparente des transformateurs raccordés, permet donc d'affirmer qu'il n'y a pas d'erreurs de connexions, autres que celles correspondant aux courbes e, i' et h'.

B. Essai en charge croissante. — Les courbes i' et h' montrent qu'avec les connexions auxquelles elles correspondent, l'erreur est nulle pour des valeurs de cos φ respectivement égales à 0,19 et 0,27. Pour ces valeurs, le rapport n est égal à l'unité, au-dessous de ces valeurs, il est plus grand que l'unité; au-dessus, il devient plus petit que l'unité et il décroît très rapidement pour devenir nul lorsque cos $\varphi = 0{,}5$. En d'autres termes, lorsqu'on augmente la charge, comme le facteur de puissance augmente simultanément, deux influences inverses agissent sur le compteur : l'augmentation de la charge tend à accélérer sa marche, tandis que l'augmentation du facteur de puissance tend à la retarder. Mais, comme, entre la marche à vide et la pleine charge d'un transformateur, le facteur de puissance augmente beaucoup plus vite que la charge (1), l'influence retardatrice sera prépondérante, et le compteur ralentira au fur et à mesure que la charge augmentera ; il s'arrêtera complètement lorsque celle-ci correspondra à un facteur de puissance primaire de 0,5, et repartira en sens inverse quand ce point critique sera franchi.

Si, donc, on charge le transformateur et que l'on ne constate pas que le compteur ralentit, s'arrête ou tourne en sens inverse, on peut affirmer que l'on n'a pas à craindre les erreurs de connexions correspondant aux courbes i' et h'. Il y a intérêt, pour rendre cet essai concluant, à charger autant que possible le

(1) Sauf peut-être en cas de charge très fortement inductive sortant des limites généralement rencontrées en pratique.

Digitized by Google

transformateur et à éviter une charge très fortement inductive.

Remarquons en passant que l'essai en charge croissante peut aussi déceler l'erreur de connexion correspondant à la courbe d' et même aux courbes b et c, mais le résultat est moins net et, par conséquent, moins certain ; car, pour que le compteur s'arrête, il faut atteindre des valeurs de cos φ voisines ou égales à l'unité, ce qui n'est pas toujours possible. En tous cas, comme les erreurs correspondant à ces courbes sont nettement décelées par l'essai à vide, la remarque ci-dessus n'a qu'un intérêt théorique.

C. Essais par déconnexions. — Les deux essais précédents ont permis de déceler toutes les erreurs de connexion sauf celle correspondant à la courbe e qui peut échapper à l'essai à vide. Il faut donc rechercher un troisième essai susceptible de déceler cette erreur.

1° La formule (2) montre que, pour les valeurs de φ supérieures à 60° (cos $\varphi = 0{,}5$), les couples dus aux deux équipages d'un compteur correctement branché sont de sens inverses. Or, on peut être certain que le facteur de puissance d'un transformateur à vide est toujours inférieur à 0,5. Par conséquent, si, le transformateur marchant à vide, on coupe l'un des enroulements d'intensité d'un compteur correctement branché, le compteur ou bien accélérera sa rotation, ou bien tournera en sens inverse. En coupant l'autre enroulement d'intensité, on obtient le résultat inverse.

Malheureusement un compteur branché d'après les connexions correspondant à la formule e se comporte exactement de la même façon.

Mais observons que, si, dans l'un et l'autre cas, nous laissons marcher le compteur sur une charge constante, d'abord avec l'un des enroulements d'intensité coupé, puis avec l'autre, et que nous fassions le rapport des vitesses de rotation, nous obtenons, dans le cas des connexions exactes,

$$R = \frac{EI\sqrt{3}\cos(\varphi - 30)}{EI\sqrt{3}\cos(\varphi + 30)} = \frac{\cos(\varphi - 30)}{\cos(\varphi + 30)},$$

et, dans le cas des connexions fausses établies suivant la formule e,

$$r = \frac{EI\sqrt{3}\sin\varphi}{EI\sqrt{3}\cos(\varphi + 30)} = \frac{\sin\varphi}{\cos(\varphi + 30)}.$$

Traçons (fig. 5) les courbes représentant la variation de ces rapports en fonction de cos φ. Nous voyons que, pour des valeurs du facteur de puissance comprises entre les limites 0,13 et 0,18 que nous avons reconnu correspondre à la marche à vide d'un transformateur, le rapport R établi à l'aide d'un compteur branché correctement est toujours inférieur à 2, tandis que le rapport r établi à l'aide d'un compteur branché de façon à fonctionner suivant la formule e, est toujours supérieur à 2,65. Si nous adoptons comme critérium la valeur de 2,5, nous voyons, en nous reportant à la figure 5, que nous pourrons déceler l'erreur de connexion pour toutes les valeurs de cos φ comprises entre 0,11 et 0,235, limites qui, à coup sûr, comprennent le facteur de puissance correspondant à la marche à vide.

Il semble donc que nous possédons, dans l'essai par déconnexion, un moyen simple de déceler la dernière

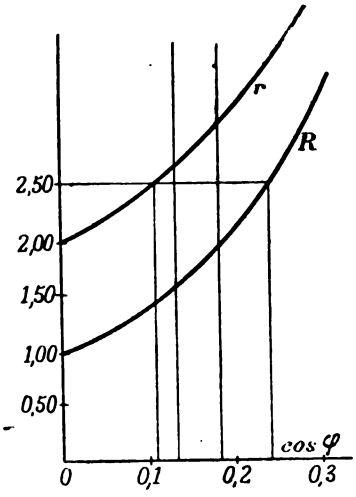


Fig. 5. — Valeurs, en fonction de cos φ, des rapports des vitesses sous charge constante d'un compteur triphasé dont on coupe successivement les enroulements d'intensité. R pour un montage correct, r pour un montage défectueux.

erreur de branchement que nous n'avions pas pu mettre en évidence par les essais précédents.

Il n'en est malheureusement pas ainsi en pratique, pour la raison que presque tous les compteurs modernes comprennent un dispositif créant un couple supplémentaire constant destiné à compenser les frottements : lorsque le compteur tourne en sens inverse, ce couple, au lieu de compenser le couple dû aux frottements, s'y ajoute. Comme, dans le cas de la marche à vide du transformateur, le couple dû au seul équipage négatif est très faible, il arrive souvent que le compteur ne démarre pas, ou, s'il démarre, les résultats qu'il donne sont complètement faussés.

2° Pour éviter cet inconvénient, il faut prendre le rapport de deux lectures obtenues pendant que le compteur tourne en sens positif. C'est à quoi nous arriverons en faisant une première lecture, en laissant agir les deux équipages et une seconde lecture, en déconnectant l'équipage qui crée un couple négatif. Pour le compteur branché correctement, nous trouverons

$$R_1 = \frac{EI\sqrt{3}[\cos(30° - \varphi) + \cos(30° + \varphi)]}{EI\sqrt{3}\cos(30° - \varphi)} = \frac{\sqrt{3}\cos\varphi}{\cos(30° - \varphi)};$$

Digitized by Google

pour le compteur branché suivant la formule e, nous trouverons

$$r_1 = \frac{EI\sqrt{3}\,[\cos(30^\circ+\varphi)+\sin\varphi]}{EI\sqrt{3}\sin\varphi}$$

$$= \frac{0{,}866\cos\varphi + 0{,}5\sin\varphi}{\sin\varphi} = 0{,}5 + 0{,}866\,\mathrm{cotg}\,\varphi.$$

Traçons encore (fig. 6) les courbes représentatives de ces rapports ; nous voyons que, pour des valeurs de cos φ comprises entre 0,13 et 0,18, le rapport R_1 correspon-

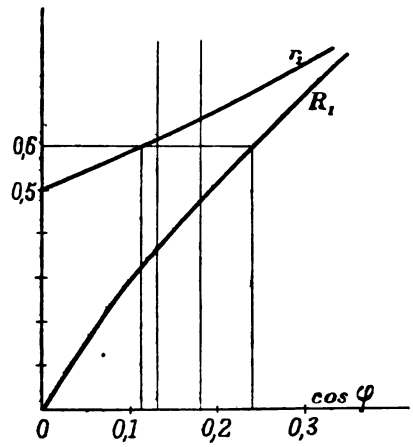


Fig. 6. — Valeurs, en fonction de cos φ, des rapports des lectures faites sur le compteur en laissant agir les deux équipages, puis supprimant celui qui crée un couple négatif, R_1 pour un montage correct, r_1 pour un montage défectueux.

dant aux connexions exactes reste inférieur à 0,475 tandis que le rapport r_1 correspondant à l'erreur de connexions conduisant à la formule e, reste supérieur à 0,62.

En adoptant comme critérium la valeur 0,60, nous pourrons dire que les connexions exactes conduiront à des valeurs inférieures à ce nombre, tandis que les connexions fausses conduiront à des valeurs supérieures, pour autant que le facteur de puissance du transformateur à vide soit compris entre 0,11 et 0,235.

En somme, cette seconde méthode par déconnexion découle directement de la première : dans celle-ci nous comparons le couple positif p au couple négatif n et nous trouvons comme critérium

$$\rho = \frac{p}{n} = 2{,}5.$$

Dans la seconde méthode, nous comparons la différence $p - n$ au couple positif p. Nous devons donc trouver comme critérium

$$\rho_1 = \frac{p-n}{p} = \frac{1{,}5}{2{,}5} = 0{,}6.$$

D. Essai par inversion. — La méthode par déconnexion, décrite ci-dessus, permet de déceler l'erreur de connexion, pour autant que les indications fournies par chacun des deux équipages soient exactes ; mais, si nous supposons que l'un des équipages donne une erreur en plus alors que l'autre donne une erreur en moins, nous voyons que l'erreur commise sur le rapport pourra devenir assez considérable et fausser les conclusions à tirer de l'essai. Or, les erreurs d'indication des compteurs travaillant à très faible charge et sous des facteurs de puissance aussi peu élevés sont fort à craindre ; ces erreurs sont d'autant plus considérables que la vitesse de rotation de l'équipage est plus faible, l'inertie des masses en mouvement et les frottements prenant une importance exagérée vis-à-vis du couple moteur. Il y a donc intérêt à opérer avec des couples aussi puissants que possible et, notamment, à éviter la marche dans laquelle les deux équipages développent des couples de sens contraires. On peut y arriver en laissant d'abord agir l'équipage produisant le couple positif, puis en laissant agir les deux équipages, mais après avoir croisé les connexions de l'équipage négatif.

On obtient ainsi le rapport limite

$$\rho_2 = \frac{p}{p+n} = \frac{2{,}5}{3{,}5} = 0{,}714.$$

Pour établir les courbes (fig. 7), il suffit, comme précédemment, de nous reporter aux formules.

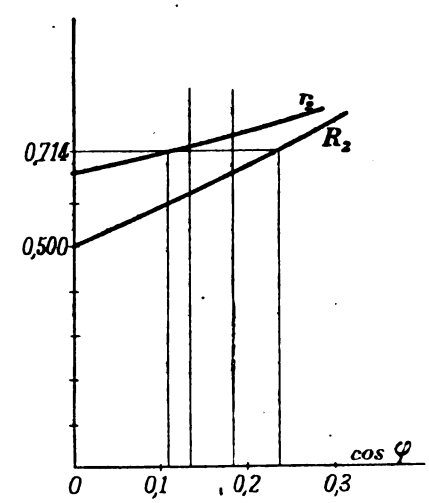


Fig. 7. — Valeurs, en fonction de cos φ, des rapports des lectures faites avec l'équipage donnant le couple positif seul, puis avec les deux équipages après avoir croisé les connexions de l'équipage négatif, R_2 pour un montage exact, r_2 pour un montage défectueux.

Nous constatons que, pour le compteur branché correctement,

$$R_2 = \frac{EI\sqrt{3}\cos(\varphi-30^\circ)}{EI\sqrt{3}\,[\cos(\varphi-30^\circ)-\cos(\varphi+30^\circ)]} = \frac{\cos(\varphi-30^\circ)}{\sin\varphi};$$

Digitized by Google

pour le compteur branché suivant la formule e,

$$r_2 = \frac{-EI\sqrt{3}\sin\varphi}{EI\sqrt{3}[(\cos(\varphi+30°)-\sin\varphi)]} = \frac{\sin\varphi}{\sin\varphi-\cos(\varphi+30°)}.$$

La limite de séparation est bien 0,714, les valeurs inférieures à cette limite correspondant au compteur correctement branché et les valeurs supérieures, au compteur branché suivant la formule e.

Il faut remarquer que les courbes de la figure 7 sont beaucoup plus voisines que celles de la figure 6 dans la région considérée; il en résulte qu'une même variation du facteur de puissance a une influence plus grande sur la valeur du rapport dans le cas de la figure 6 que dans celui de la figure 7.

Au point de vue pratique, l'essai par inversion présente un inconvénient : comme les deux fils d'intensité de l'un des équipages doivent être déconnectés, il peut y avoir erreur lors du rétablissement des connexions primitives. C'est pourquoi je pense qu'il faut le réserver comme vérification au cas où l'essai par déconnexion ne serait pas concluant.

VI. **Marche à suivre.** — En résumé, pour reconnaître si un compteur est correctement branché, il y a lieu de procéder, dans l'ordre, aux essais suivants :

1° Mesurer la puissance absorbée à vide par le ou les transformateurs : si celle-ci dépasse 3 à 4 pour 100 de la puissance nominale, pour les transformateurs inférieurs à 30 kv-a; 2 à 3 pour 100, pour ceux de 30 à 100 kv-a et 1 à 1,5 pour 100 pour ceux au-dessus de 100 kv-a, les connexions sont mauvaises.

2° Mettre progressivement le transformateur en charge (non inductive si possible) et observer le compteur : si, au cours de l'opération, sa vitesse de rotation, diminue, s'il s'arrête ou s'il tourne en sens inverse, les connexions sont mauvaises.

3° Le transformateur marchant à vide, relever le nombre de secondes, nécessaires pour que le disque fasse un nombre donné de tours. Déconnecter ensuite le fil d'intensité correspondant à l'équipage négatif, c'est-à-dire celui dont la déconnexion provoque une accélération du mouvement; relever le nombre de secondes nécessaires pour que le disque fasse le même nombre de tours, et diviser ces deux nombres l'un par l'autre : le quotient doit être inférieur à 0,6 si le compteur est correctement branché.

En général, on peut affirmer qu'un compteur qui a subi victorieusement les trois épreuves ci-dessus, est correctement branché. Si le quotient trouvé dans la troisième épreuve est très voisin de 0,60 et qu'un doute subsiste, on peut faire le quatrième essai suivant :

4° Le transformateur marchant à vide, déconnecter les fils d'intensité correspondant à l'équipage négatif et relever le nombre de secondes nécessaires pour que le disque fasse un certain nombre de tours; reconnecter ensuite l'équipage en croisant les connexions et relever le nombre de secondes nécessaires pour que le disque fasse le même nombre de révolutions. Le quotient de ces deux nombres est inférieur à 0,71 si le compteur est bien branché. Ne pas oublier de rétablir les connexions de l'équipage négatif dans leur ordre primitif.

VII. **Examen critique.** — La méthode ci-dessus est basée sur différentes hypothèses qui peuvent n'être réalisées qu'approximativement. Il y a donc lieu d'examiner jusqu'à quel point cette approximation peut influer sur les résultats.

1° Evaluation du facteur de puissance et de la perte a vide du tranformateur. — Il est évident que l'on peut se tromper assez considérablement dans l'évaluation de la perte à vide d'un transformateur; cependant, la construction de ces appareils est actuellement presque normalisée et il suffit de consulter un tableau d'offres reçues de dix ou quinze firmes, pour se convaincre que l'erreur possible ne dépasse pas 100 pour 100. Or, l'évaluation de la perte à vide n'intervient que dans le premier des quatre essais décrits ci-dessus, essai qui a pour but de déceler les erreurs correspondant aux courbes b, c, d, f et g. Parmi ces courbes, c'est la courbe b qui conduit à l'erreur minimum sur la puissance mesurée et l'on voit que, pour que cette puissance mesurée ne dépasse pas le double de la puissance réelle, il faut que le facteur de puissance soit supérieur à 0,28, c'est-à-dire de 80 pour 100 supérieur environ à la valeur moyenne qui m'a été indiquée par les constructeurs. Pour que l'essai en question ne soit pas concluant, il faudrait donc que la puissance absorbée à vide par le transformateur fût égale à la moitié de la valeur moyenne admise, tandis que le facteur de puissance devrait être à peu près double de la valeur moyenne. Ces deux conditions sont presque incompatibles; aussi peut-on considérer que les erreurs d'évaluation du facteur de puissance et de la perte à vide n'ont que peu d'influence sur la valeur des conclusions tirées du premier essai.

La valeur du cos φ à vide intervient encore dans le troisième et le quatrième essai : nous avons vu que les conclusions à tirer de ces essais étaient valables pour des valeurs de cos φ comprises entre 0,11 et 0,235. Ces limites sont sensiblement supérieures à celles entre lesquelles varie généralement le facteur de puissance d'un transformateur marchant à vide; aussi peut-on considérer que les conclusions tirées du troisième et du quatrième essai ne sont généralement pas faussées par l'erreur d'évaluation qui nous occupe.

2° Exactitude du compteur. — Une cause importante d'erreur réside dans l'inexactitude du compteur, inexactitude presque inévitable et pouvant même atteindre un degré élevé à très faible charge et avec des facteurs de puissance aussi bas que ceux correspondant à la marche à vide.

Pour le premier essai, une erreur même importante, 10 à 20 pour 100 par exemple, sur la puissance mesurée, n'aurait aucune influence puisque nous avons vu qu'une erreur de 100 pour 100 sur l'évalua-

Digitized by Google

tion de la perte à vide n'avait guère d'importance au point de vue de la conclusion à tirer.

Il en est de même du second essai qui n'a aucun caractère quantitatif et qui, par le fait même, échappe complètement aux erreurs de mesure.

Mais ce n'est malheureusement plus vrai pour les troisième et quatrième essais qui peuvent être faussés par une inexactitude de compteur ainsi que nous allons le voir.

Nous avons reconnu que, dans un compteur correctement branché, deux couples, l'un positif p, l'autre négatif n, agissent sur l'équipage mobile, et le rapport $R_1 = \frac{p-n}{p}$ doit être inférieur à 0,6, tandis que $R_2 = \frac{p}{p+n}$ doit être inférieur à 0,714.

Supposons que le couple positif du compteur, au lieu d'être p, soit kp et que le couple négatif, au lieu d'être n, soit $k'n$.

L'erreur absolue E, commise sur le rapport R, sera

$$E = \frac{kp - k'n}{kp} - \frac{p-n}{p} = \frac{n}{p}\,\frac{k-k'}{k}.$$

L'erreur commise sur le rapport r sera

$$E' = \frac{kp}{kp+k'n} - \frac{p}{p+n} = \frac{pn}{p+n}\,\frac{k-k'}{kp+k'n}.$$

Pour nous rendre compte de la valeur de E et de E' en fonction de k et k', admettons que $\frac{p-n}{p} = 0{,}6$ et que $\frac{k'}{k}$ ne diffère pas très sensiblement de l'unité. Ces hypothèses sont très proches de la réalité et certainement admissibles dans une évaluation d'erreur ; on aura donc

$$E = 0{,}4\,\frac{k-k'}{k}, \qquad E' = 0{,}204\,\frac{k-k'}{k}.$$

Les erreurs relatives seront donc respectivement

$$\frac{E}{R_1} = 0{,}666\,\frac{k-k'}{k}, \qquad \frac{E'}{R_2} = 0{,}285\,\frac{k-k'}{k}$$

A première vue l'essai par inversion paraît plus précis que l'essai par déconnexion, puisque, pour les mêmes valeurs de k et k', l'erreur relative est moindre ; mais, en réalité, si on se reporte aux figures 6 et 7, on constate que les courbes de la figure 6 sont beaucoup plus inclinées que celles de la figure 7 et que, par conséquent, une même variation du facteur de puissance correspond à une variation plus grande de la valeur du rapport. En dernière analyse, on constate qu'au point de vue mathématique la valeur des deux essais est la même ; la seule supériorité à invoquer en faveur de l'essai par inversion est que, le couple résultant étant plus puissant, les frottements ont moins d'importance, et les valeurs de k et de k' tendent à se rapprocher d'avantage de l'unité.

Une autre conclusion à tirer des valeurs de E et de E' c'est que, pour des valeurs données de k et k', les erreurs sont de même signe dans les deux essais ; si donc, par suite de l'inexactitude du compteur, l'essai par déconnexion conduit à une valeur supérieure à 0,6, l'essai par inversion doit conduire à une valeur supérieure à 0,714.

J'écris « doit conduire » et non « conduit » ; il résulte, en effet, d'un assez grand nombre d'essais que j'ai faits sur des compteurs correctement branchés, que, dans la plupart des cas, les essais 3 et 4 conduisent au résultat indiqué ; mais, lorsqu'il n'en est pas ainsi, il arrive en général que l'un des quotients reste en deçà de sa limite, tandis que l'autre se trouve au delà. Voici, par exemple, quelques-uns des résultats trouvés :

N°	Puissance du transformateur. kv-a	Perte mesurée à vide. kw	Rapport R	Rapport r
1	440	6,0	0,56	0,702
2	200	2,56	0,616	0,644
3	2 × 155	5,9	0,64	0,62

Il semble donc résulter de ces chiffres que, si l'inexactitude du compteur a pour conséquence la diminution de l'un des rapports, il a, en même temps, pour effet d'augmenter l'autre. La seule explication possible de cette anomalie me paraît être que les coefficients d'erreur k et k' ne sont pas identiques dans les expériences 3 et 4 : on peut admettre que k ne varie que très peu puisque les conditions de fonctionnement de l'équipage positif restent à peu près les mêmes, mais il est très probable que k' se modifie par suite du renversement du couple et que, d'une valeur supérieure à l'unité, il passe à une valeur inférieure ou inversement.

VIII. **Conclusions**. — Quoi qu'il en soit, on voit qu'il ne faut pas attribuer aux deux derniers essais décrits ci-dessus une valeur absolue qu'ils n'ont pas en pratique : ils peuvent fournir des indications utiles, conduire même à une très forte présomption, dans un sens ou dans l'autre, mais ils n'autorisent pas toujours de tirer une conclusion avec une certitude complète.

Par contre, les deux premiers essais permettent d'éliminer tous les cas de fausses connexions à l'exception d'un seul, celui qui correspond à la courbe e. Celui-ci doit être décelé par le troisième ou le quatrième essai ; si ces essais ne sont pas caractéristiques, une méthode simple pour constater que le compteur est bien branché consiste à s'assurer que la borne commune A (fig. 2) des deux enroulements de tension du compteur est bien connectée à la phase 3 dans laquelle ne se trouve pas de transformateur d'intensité. Si cette condition est remplie, le schéma de montage réalisé ne peut pas être, en tous cas, celui correspondant à la courbe e et, comme les deux premiers essais ont éliminé toutes les autres connexions erronées, le compteur doit être bien branché.

F. Scoumanne.

Digitized by Google

Application de la métallisation par le procédé Schoop aux installations de transmission d'énergie

De nombreuses publications (1) *ont été faites tant en France qu'à l'étranger sur les applications de la métallisation, cependant l'auteur estimant qu'aucune de ces études n'a traité d'une façon détaillée et complète l'application du procédé Schoop aux installations électriques de transmission d'énergie, il a pense qu'il était utile de combler cette lacune, au moment où, en France, le programme des grands réseaux électriques d'intérêt général* (2), *élaboré par le Ministère des Travaux publics, entre dans sa voie de réalisation.*

I. Lignes de transmission d'énergie. — Nous examinerons, en premier lieu, l'application de la métallisation, employée comme revêtement protecteur des éléments métalliques des lignes de transmission d'énergie.

1. **Raisons qui justifient l'emploi de la métallisation comme revêtement protecteur dans les ouvrages des lignes de transmission d'énergie.** — La caractéristique principale des lignes de transmission d'énergie consiste à adopter de grandes portées afin de réduire, autant que possible, le nombre des supports et, par conséquent, le nombre de points d'attache des conducteurs qui constituent des points faibles, électriques et mécaniques. Comme le point le plus bas des conducteurs doit être à une distance minimum du sol de 6 m, on est astreint à n'utiliser que des supports de grande hauteur et il faut couramment, pour des portées moyennes de 200 m, prévoir des hauteurs de pylônes de 20 à 25 m.

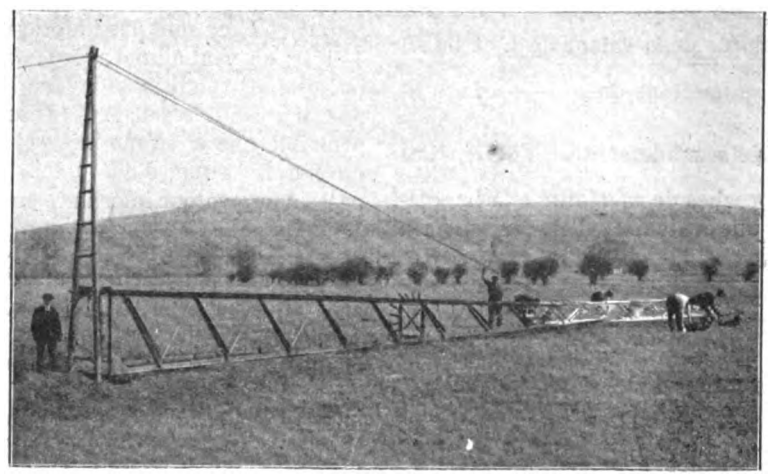


Fig. 1. — Pylône avant levage (on remarque la partie blanche métallisée).

Par suite des dimensions importantes à donner à ces supports, on se trouve limité dans le choix de la nature des matériaux à employer pour leur construction. Le bois (celui de nos régions tout au moins) est à écarter comme n'offrant pas une résistance mécanique suffsante; le ciment armé est d'un prix de revient élevé par suite de l'obligation dans laquelle on se trouve de construire, sur place et sur des terrains souvent accidentés, des pylônes de 25 m de hauteur et d'un poids de plusieurs tonnes; le fer reste donc seul à envisager.

Cependant le choix de ce métal n'est pas sans présenter des inconvénients au sujet de la bonne conservation des pylônes. En effet, le fer s'altère avec le temps sous l'action des agents atmosphériques; l'air produit la rouille du fer à cause de la vapeur d'eau et de l'anhydride carbonique qu'il contient (3).

Pour limiter les conséquences de cette altération, on recouvre communément les pylônes de plusieurs couches de peinture au minium, à base d'oxyde de fer ou d'alumine, mais cette protection n'est que précaire, car elle n'offre pas l'adhérence voulue; la peinture s'écaille sous l'action du soleil, du vent, de la pluie et de la grêle. On est ainsi dans l'obligation de procéder, au moins tous les quatre ou cinq ans, à une réfection de la peinture et de suspendre de ce fait l'utilisation des lignes de transmission d'énergie électrique.

(1) Les moyens récents dans la préparation des moulages et des revêtements métalliques; P. Nicolardot. *Bulletin de la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale*, décembre 1913, p. 569-605.

Nouveau procédé de métallisation à froid système Schoop; G. Lesourd. *Mémoires de la Société des Ingénieurs civils de France*, janvier 1914, p. 62-70.

Les progrès dans l'art de métalliser à froid; P. Nicolardot. *Bulletin de la Société industrielle de Rouen*, année 1914.

Les progrès de la métallisation; P. Nicolardot. Conférence à la Société de Chimie industrielle, avril 1921. *Chimie et Industrie*, juin 1921, t. v, p. 191-207.

L'application du zingage aux constructions métalliques; A. Dagory. *L'Ouvrier moderne*, janvier 1921; *La Technique moderne*, mai 1921.

(2) Les grands réseaux électriques pour la transmission de l'énergie à haute tension; Le Verrier. *R. G. E.*, 17 septembre 1921, t. x, p. 357-365.

(3) Sur la production de la rouille des métaux; L. Potin et Desacres. *La Technique moderne*, 1er avril 1914, t. viii, p. 246.

Digitized by Google

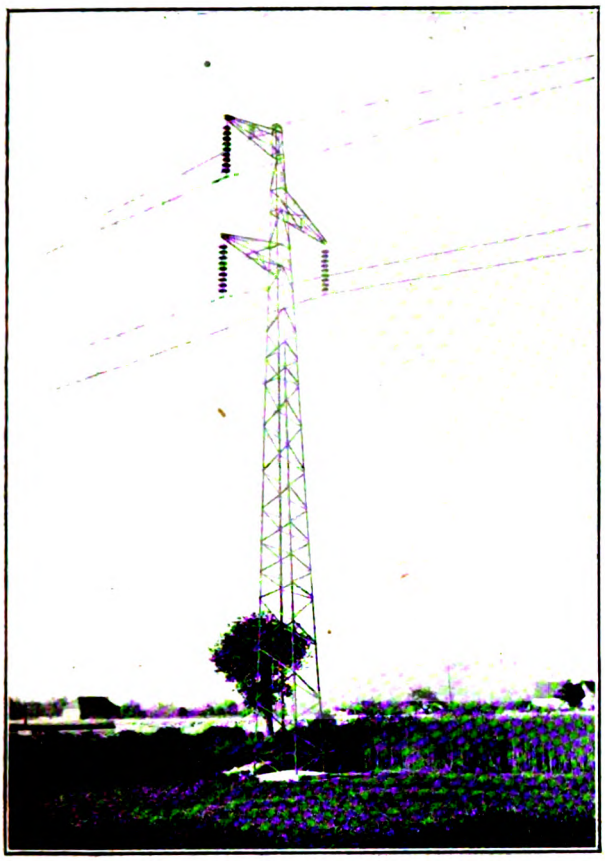


Fig. 2. Pylône de ligne à 150 000 v de la Compagnie du Midi (Entreprise Giraudon). Tronçon supérieur métallisé au zinc.

Or c'est là une sujétion qu'il est difficile d'admettre dans le cas des lignes à très haute tension, car ces feeders servent à relier les centrales aux principaux postes de transformation d'où partent à leur tour dans plusieurs directions les lignes de distribution d'énergie. Dans ces conditions, l'interruption pour une cause quelconque de l'une des lignes principales paralyse l'industrie dans toute une région.

La peinture ne pouvant convenir, on est ainsi conduit à envisager l'emploi de revêtements métalliques, seuls capables d'assurer une protection de longue durée.

Le zinc est le métal exclusivement employé à cet effet, en raison de son prix relativement peu élevé, de son adhérence et de la qualité des revêtements qu'il assure.

Les différents procédés de zingage employés actuellement sont les suivants : la galvanisation par bain électrolytique, la schérardisation, la galvanisation à chaud au trempé et la métallisation par pulvérisation (procédé Schoop).

Pour réduire les dépenses de premier établissement des lignes de transmission d'énergie, on peut limiter l'application de ces divers procédés à la partie supérieure du pylône située dans le voisinage des conducteurs à haute tension (fig. 1, 2 et 3), la partie du pylône à laquelle il est possible d'accéder pendant le fonctionnement de la ligne étant recouverte de peinture que l'on pourra rafraîchir ultérieurement sans interrompre le courant.

Mais, toutefois, comme dans cette hypothèse même on est conduit à protéger des tronçons de pylônes qui atteignent jusqu'à 10 m de longueur, on ne peut songer à faire ce zingage pratiquement et dans des conditions de prix acceptables qu'avec les méthodes de la galvanisation au trempé à chaud et principalement avec le procédé de la métallisation par pulvérisation.

Le premier procédé offre sur le second l'inconvénient de nécessiter des opérations délicates et plus complexes; en particulier, par suite du décapage, à l'aide d'un bain acide, du pylône à galvaniser, il est à craindre qu'un lavage insuffisant laisse subsister aux points d'assemblage des croisillons et des membrures des traces d'acide qui créent des couples électriques provoquant la corrosion du métal. De plus, la trempe au bain pour la galvanisation à chaud des grandes pièces exige une installation très importante en raison de la dimension de ces pièces; le prix de premier établissement est alors très élevé, tandis que la métallisation par pulvérisation ne nécessite que des installations simples et relativement peu coûteuses. Un autre avantage de ce dernier procédé consiste dans le déplacement facile des appareils; en particulier, dans le cas qui nous occupe, on pourra, grâce à l'emploi de compresseurs mobiles, se transporter le long de la ligne pour la réfection des parties métallisées lorsque, au bout d'un certain nombre d'années, il sera nécessaire de recourir à ce travail.

La métallisation par pulvérisation semble donc être la seule méthode qui paraisse intéressante à retenir pour la protection des pylônes métalliques contre la rouille; c'est d'ailleurs, à notre connaissance, la seule qui ait reçu jusqu'ici, en France comme à l'étranger, une application de quelque importance.

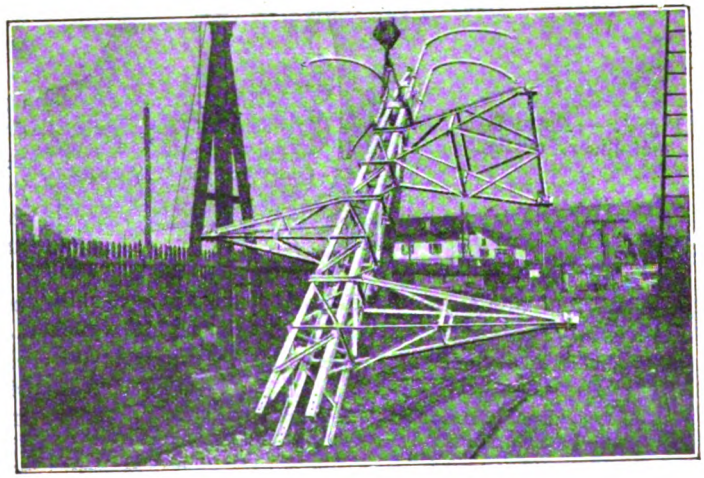


Fig. 3. — Tronçon de pylône métallisé au zinc (type suisse).

Digitized by Google

La métallisation au zinc des pylônes a été pratiquée avec succès en Suisse, pays de l'inventeur, et en particulier pour les lignes du Saint-Gothard, de même qu'en Italie et en Allemagne.

En France, en 1920, la Commission technique des Régions libérées (1) et fort récemment, la Compagnie des Chemins de fer du Midi ont fait métalliser les bras et la partie supérieure des supports de leurs lignes à 120000 v et à 150000 v: il a été métallisé pour ces diverses lignes plus de 6000 éléments de pylônes.

La métallisation par pulvérisation pourra être également employée utilement pour protéger contre l'action des agents atmosphériques les différentes pièces en fonte malléable et en acier moulé utilisées comme pinces-supports de conducteurs, comme dispositifs de fixation des isolateurs, etc...

Le câble de terre qui règne le long des lignes de transmission d'énergie pourra être aussi métallisé au lieu d'être galvanisé ou goudronné.

2. Principe du procédé de revêtement au zinc par la métallisation par pulvérisation. — Dû à l'invention d'un ingénieur suisse, M. Schoop, ce procédé consiste, comme on sait (2), dans la fusion des métaux (soit en poudre, soit en fil), leur pulvérisation et leur projection sur les objets à métalliser.

Divers appareils ont été successivement imaginés par l'inventeur pour effectuer ces opérations, mais le dernier en date connu sous le nom de « pistolet » est maintenant seul employé (fig. 4).

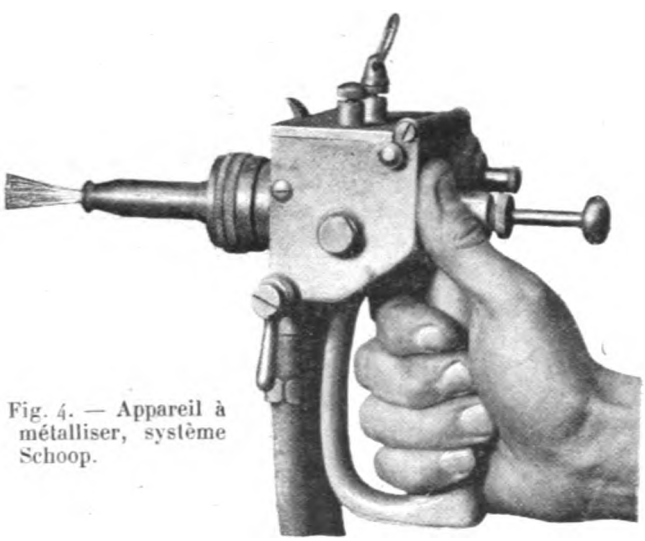


Fig. 4. — Appareil à métalliser, système Schoop.

Rappelons que le pistolet Schoop se compose essentiellement d'un chalumeau à gaz, oxygène-hydrogène, ou oxygène-acétylène ou oxygène-gaz d'éclairage, et d'un ensemble mécanique actionné par une petite turbine et destiné à entraîner d'une façon régulière un fil métallique constitué par le métal à projeter et qui passe dans l'intérieur du chalumeau. Sous l'influence de la combustion du mélange gazeux, le fil est fondu et, sous l'action de l'air comprimé, la partie fondue est divisée en particules liquides, très fines, qui se refroidissent et se solidifient à la sortie du chalumeau par suite de la dépression qui se produit en cet endroit. Entraînées avec force par le courant d'air, les particules viennent adhérer sur les surfaces à métalliser. Les surfaces doivent avoir subi préalablement un décapage complet au jet de sable (fig. 5).

On peut, de cette façon, réaliser des revêtements avec différents métaux ; mais, pour la protection contre la rouille des objets de grandes dimensions, il y a intérêt, comme nous l'avons vu plus haut, à faire choix du zinc qui conduit à un prix de revient de métallisation inférieur à celui obtenu avec d'autres métaux convenant aux revêtements (plomb, étain, cuivre).

Les quantités de métal déposées par heure avec le pistolet sont :

Zinc	3	kg
Etain	6	
Plomb	10	
Aluminium	0,5	

On peut, dans ces conditions, recouvrir les surfaces suivantes :

Avec le zinc..... 6 m²	sous une épaisseur de	5/100 mm
Avec l'étain..... 4 m²	id	2/10
Avec le plomb.... 2 à 3 m²	id	5/10
Avec l'aluminium. 3 à 4 m²	id	3/10

Le zinc projeté sur le fer s'accroche à ce métal et s'y diffuse ultérieurement petit à petit en formant avec lui une liaison sous-jacente. La couche de zinc ainsi obtenue est du reste légèrement poreuse, mais cette porosité intervient elle-même comme un avantage en favorisant la formation, au contact de l'air humide, d'oxycarbonates de zinc compacts et très adhérents qui, suivant l'expression imagée de M. Nicolardot, viennent « colmater » les particules métalliques en formant un enduit imperméable. Si la partie zinguée est plongée dans une eau chargée de chlorures, telle que l'eau de mer, il se forme même des oxychlorures de zinc qui jouent un rôle analogue. On arrive ainsi à avoir un matelas protecteur qui empêche l'air de pénétrer jusqu'au fer.

Pour montrer l'efficacité de cette protection nous ne pouvons mieux faire que de citer l'expérience faite en 1914 par M. Nicolardot, chef de laboratoire de la Section technique d'Artillerie, sur des plaques de fer rivées et immergées, après zingage, dans de l'eau de mer; ces plaques, soumises pendant cinq mois à l'action alternée de l'eau de mer et de l'air dans un dispositif à bain-marie, ne se sont pas recouvertes de rouille.

(1) Les artères à 120000 v du réseau d'Etat de transmission d'énergie électrique dans les régions libérées ; Paul Meyer. *R. G. E.*, 19 novembre 1921, t. x, p. 705-717.

(2) Voir les différents procédés pour la protection des métaux. *R. G. E.*, 8 octobre 1921, t. x, p. 479-481.

Digitized by Google

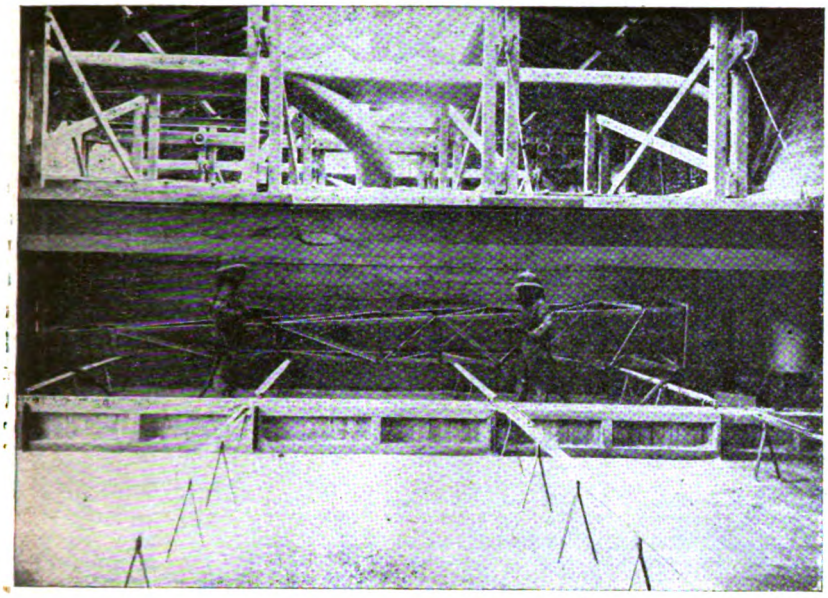


Fig. 5. — Salle de décapage au sable (atelier de Valence).

3. **Installations à réaliser pour le zingage des ouvrages des lignes de transmission d'énergie.** — L'importance d'un atelier de métallisation est fonction de la quantité et de l'importance des pièces que l'on désire traiter dans un temps donné. Mais les appareils essentiels qui sont nécessaires à l'exécution des travaux de revêtement par le zinc d'objets métalliques sont au nombre de trois :

1° Un compresseur d'air pouvant comprimer à une pression de 3,500 kg : cm² ;

2° Une sableuse à surpression pour le décapage ;

3° Un pistolet Schoop.

Avec ces trois éléments et les matières utiles (gaz comprimés en tubes, fil de zinc), on peut zinguer des pièces de toutes dimensions et on n'éprouverait aucune difficulté, toutes les opérations de manutention étant assurées, à métalliser la totalité des pylônes de 25 m de longueur que l'on emploie couramment sur les lignes à haute tension.

Afin de réduire le prix de revient de la métallisation des tout petits objets qui entrent dans la constitution des lignes de transmission d'énergie, on décape et on métallise plusieurs de ces objets simultanément (fig. 6).

Pour cela, on dispose successivement les diverses pièces dans deux appareils identiques ayant la forme d'une cage cylindrique, constituée par des barreaux espacés sur lesquels sont dirigés suivant le cas, soit un jet desable, soit un jet de métal.

Comme ces appareils sont animés d'un mouvement de rotation continu, les pièces à décaper ou à métalliser, en roulant les unes sur les autres, passent plusieurs fois devant les jets correspondants.

La Société de Métallisation qui assure en France l'exploitation des brevets Schoop a réalisé plusieurs installations spéciales pour la métallisation des tronçons supérieurs et des bras de pylônes des lignes de transmission d'énergie. Ces ateliers sont actuellement en plein fonctionnement à Lunéville, à Bordeaux, à Toulouse, au Boucau, à Bayonne.

L'agencement de ces divers ateliers est différent, car ceux de Lunéville, de Bordeaux et de Bayonne ont été montés d'une façon définitive, alors que ceux de Toulouse et du Boucau n'ont été établis que provisoirement pour la durée de fabrication des pylônes de la ligne à 150 000 v de la Compagnie des Chemins de fer du Midi.

Nous décrirons successivement l'aménagement de chacun de ces deux types de chantiers, d'abord celui de Toulouse et ensuite celui de Bordeaux de construction plus récente que celui de Lunéville.

Atelier de Toulouse. — L'atelier de Toulouse a été

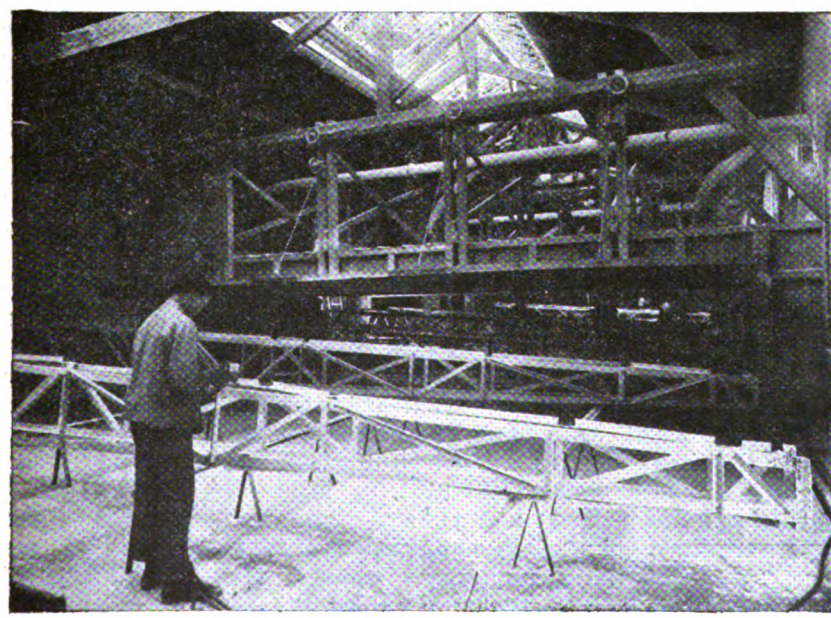


Fig. 6. — Vue des cabines de sablage et de métallisation de pylônes.

Digitized by Google

aménagé dans un délai de temps extrêmement court, car il s'agissait de mettre en service en moins de trois mois des installations capables de traiter, par journée de dix heures, douze tronçons supérieurs de pylônes d'une longueur de 7 m et d'un poids de 400 kg.

On a utilisé comme ateliers des baraquements Adrian de 30 m de longueur et de 7,50 m de largeur, qui se trouvaient disponibles à la Poudrerie nationale de Toulouse; ces baraquements ont été disposés par groupes de deux placés dans le prolongement l'un de l'autre pour le sablage, pour la métallisation (fig. 7).

Les quatre ateliers sont réunis entre eux par des voies Decauville de 0,60 m. Les pylônes, amenés sur wagons des usines de construction, sont transbordés à l'aide d'un palan sur des wagonnets à berceau à l'aide desquels ils sont conduits successivement dans les salles de sablage, puis dans les locaux de métallisation.

L'opération terminée, chaque pylône est amené à quai pour être réexpédié.

Cette organisation a permis de réduire au minimum les travaux de manutention proprement dits qui se résument ainsi au déchargement et au rechargement du pylône sur wagon.

Chaque salle de décapage est pourvue de trois sableuses; le sable est amené à pied-d'œuvre sur wagonnet Decauville.

L'une des faces des salles de sablage est ouverte et

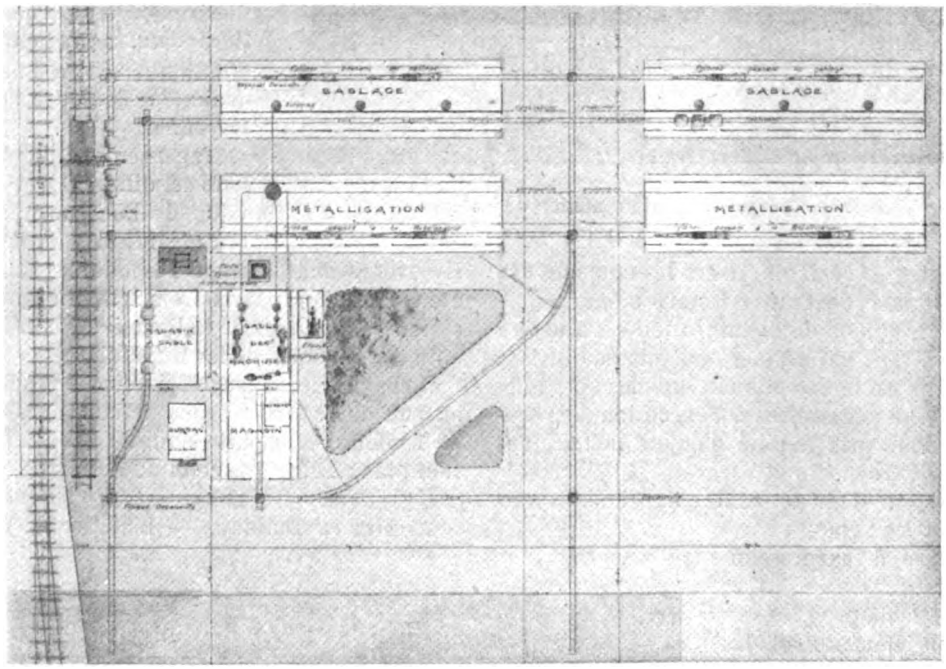


Fig. 7. — Vue générale des ateliers de Toulouse.

l'évacuation du sable se fait à l'air libre sans aspiration de poussières.

Les salles de métallisation, à l'intérieur desquelles passent des voies Decauville, comprennent chacune quatre postes de métallisation.

Les petites pièces de boulonneries sont traitées dans des tambours à sabler et à métalliser.

Une centrale d'air comprimé d'une puissance de 200 ch, comprenant trois compresseurs fixes et deux groupes mobiles assure l'alimentation en air comprimé des postes de sablage et de métallisation.

Les compresseurs fixes sont actionnés par des moteurs triphasés qui reçoivent le courant d'un poste de transformation voisin; les groupes mobiles sont mus par des moteurs à essence ou à gaz de ville. On a pu ainsi éviter les conséquences qu'auraient eu, pour la marche régulière de la fabrication, les arrêts dans la distribution de l'énergie électrique.

La quantité d'air aspiré et comprimé à une pression de 4 kg : cm² est de 200 m³ par heure et par groupe pour le sablage et la métallisation. Des refroidisseurs d'air et des séparateurs d'huile assurent l'épuration et la siccité de l'air, conditions indispensables à l'obtention d'un bon travail.

L'installation comprend, en outre, un atelier d'entretien et de réparation des appareils de métallisation, ainsi que des magasins et des bureaux.

Atelier de Bordeaux. — Cette installation a été étudiée sur des bases un peu différentes, en maintenant toutefois le principe de la réduction des manutentions au strict minimum; on a réalisé, dans ces conditions, une organisation permettant le travail en circuit et évitant l'encombrement, toujours à redouter avec des

Digitized by Google

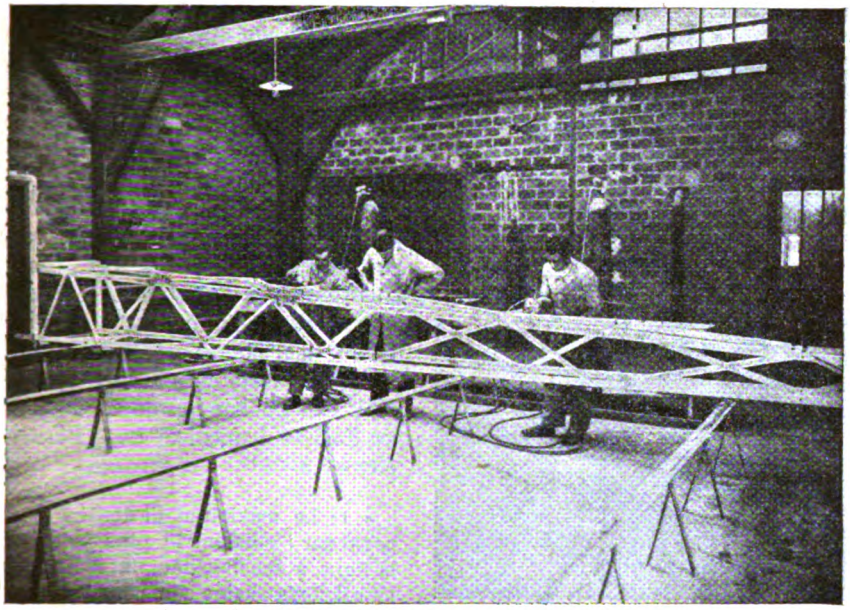


Fig. 8. — Une salle de métallisation à l'atelier de Valence.

éléments de pylônes de la longueur et du poids indiqués précédemment.

L'atelier a 70 m de long et 10 m de large.

Les salles de sablage, constituées par des cabines de 10 m × 2,50 m, sont placées par groupe de deux dans le sens de la largeur de l'atelier. Des monorails transportent jusqu'aux cabines de sablage les pylônes à traiter; des chemins de roulement assurent ensuite le passage dans les salles contiguës de métallisation, d'où les monorails facilitent l'évacuation dans les parcs d'attente. Des voies Decauville permettent ensuite le transport à quai pour le chargement et l'expédition.

Deux hommes suffisent à la manutention de 8 à 10 pylônes par jour.

Cet atelier, comme celui de Toulouse, comporte une centrale d'air comprimé d'une puissance de 200 ch. Chaque cabine de sablage est équipée avec deux sableuses et des dispositifs de ventilation assurent l'évacuation des poussières.

Le sable utilisé dans les trois ateliers de Bordeaux, de Toulouse et du Boucau, provient d'une carrière mise à cet effet en exploitation dans le Lot-et-Garonne. Cette exploitation comporte des appareils sécheurs et tamiseurs et l'extraction journalière est de 4 à 5 t. On ne saurait trop insister sur la nécessité d'utiliser du sable bien sec.

Le sable est expédié en sacs et par wagons couverts aux différents ateliers.

4. **Contrôle du travail de métallisation**. — Le dépôt de zinc sur les parties métallisées des pylônes correspond à une augmentation de poids de ces parties de 350 g environ par mètre carré de surface recouverte. On peut donc envisager un premier mode de vérification du travail de métallisation par la pesée des parties indiquées.

Mais ce contrôle n'est pas assez rigoureux, car il ne permet pas de déceler les malfaçons dues à un mauvais sablage ou à un dépôt insuffisant de zinc, ou encore à une mauvaise répartition de ce métal. Ces malfaçons seront révélées par un examen attentif des pylônes, effectué un certain temps après leur zingage, huit jours par exemple, car toute partie négligée par les ouvriers s'oxydera rapidement. De telles conditions de réception ont été imposées à la Société de Métallisation par la Commission technique des Régions libérées et par la Compagnie des Chemins de fer du Midi, pour les pylônes de leurs lignes de transmission d'énergie.

On exigera pour les boulons et autres petits objets métallisés, que ces pièces supportent, sans que leur aspect soit modifié, trois immersions successives à une minute d'intervalle, dans une dissolution de sulfate de

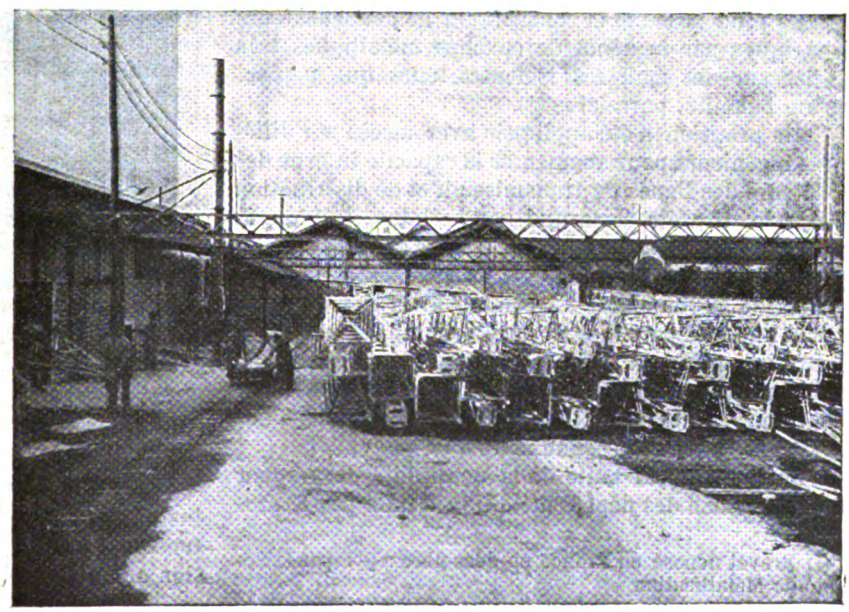


Fig. 9. — Le parc des pylônes métallisés à l'atelier de Valence.

Digitized by Google

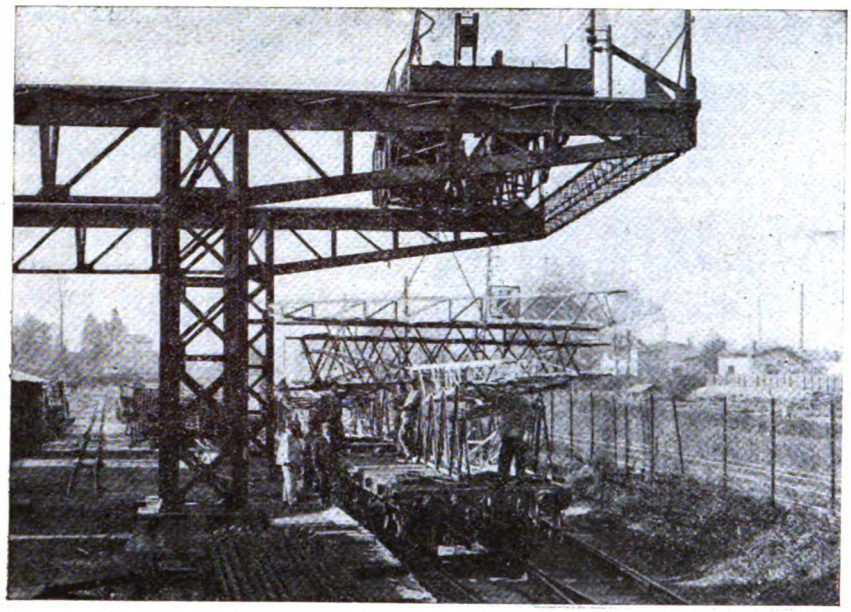


Fig. 10. — Expédition des pylônes après métallisation à l'atelier de Valence.

cuivre faite dans cinq fois son volume d'eau. La durée de chaque immersion sera également d'une minute.

5. **De l'emploi de la métallisation dans la construction des isolateurs.** — L'emploi de la métallisation sur les lignes de transmission d'énergie n'est pas limité à la protection des ouvrages métalliques contre l'oxydation de l'air ; l'application de ce procédé peut aussi être envisagé pour l'amélioration des caractéristiques électriques des isolateurs.

La projection par le procédé Schoop des métaux pulvérisés rend possible la constitution de condensateurs électriques par le dépôt de couches métalliques très ténues sur des matières isolantes telles que papier, carton bakélite, porcelaine (1).

Cette propriété a été appliquée avec succès par différents ingénieurs pour augmenter la capacité interne des isolateurs des lignes de transmission et de distribution d'énergie. Il a été remarqué par certains électrocéramistes que le dépôt d'une mince couche de cuivre appliquée galvaniquement ou par le procédé Schoop sur les parties de la porcelaine en contact avec le scellement assure une meilleure répartition du champ électrique (2). Cette disposition est maintenant employée par les constructeurs allemands et a été appliquée en France par les Ateliers de Constructions électriques de Delle à des isolateurs rigides de sectionneurs à 60 000 v.

D'autre part, par suite de la possibilité de graduer les dimensions des dépôts métalliques faits par le procédé Schoop, M. Dachary a trouvé une méthode intéressante pour constituer des condensateurs de capacités variables et pour améliorer ainsi la répartition du potentiel le long des chaînes d'isolateurs du type à suspension.

Sans entrer dans le détail de l'étude de cette question qui sortirait du cadre de notre exposé, nous mentionnerons cependant les conclusions du mémoire sur « la répartition des potentiels le long des chaînes d'isolateurs » présenté par MM. Ch. Dachary et de la Gorce à la Société française des Electriciens (1).

« 1° Le maximum de tension supporté par l'isolateur le plus voisin de la ligne a sensiblement la même valeur, que la chaîne soit constituée par 6 ou 7 éléments ;

» 2° La tension élémentaire du maillon attenant à la ligne passe de 45 à 30 pour 100 de la tension totale quand *on métallise* uniformément tous les éléments de la chaîne ; elle descend jusqu'à 17 pour 100 si la capacité des deux derniers maillons est environ le double de celle des autres maillons de la même chaîne ;

» 3° Il y a grand intérêt à métalliser tous les éléments d'une chaîne d'isolateurs du type « Hewlett », car, en augmentant ainsi l'étendue de la surface de la porcelaine soumise à l'effort électrostatique, on évite la concentration des lignes de force aux points de croisement des attaches métalliques ».

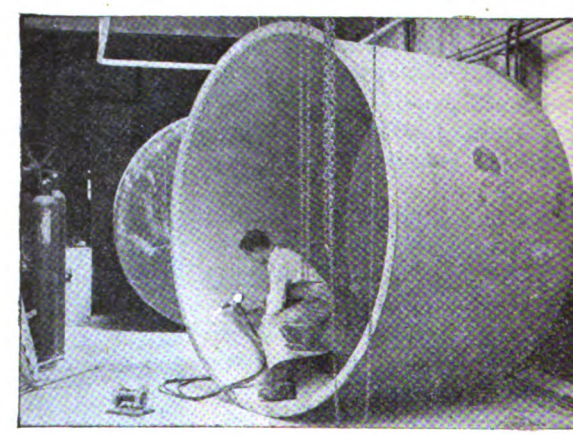


Fig. 11. — Zingage d'une cuve.

II. **Postes de transformation.** — Dans les récentes installations de transmission d'énergie à très haute tension réalisées en France, les postes de transformation ont été établis pour le fonctionnement des trans-

(1) Brevet déposé en France en décembre 1911 par la Société de Métallisation.

(2) Des isolateurs pour très hautes tensions ; PERROCHET. *Bulletin de l'Association suisse des Electriciens*, novembre 1921, t. XII, p. 299-316 ; *R. G. E.*, 15 avril 1922, t. XI, p. 115 D.

(1) *Bulletin de la Société française des Electriciens*, novembre 1920, t. X, 3e série, p. 345-362.

Digitized by Google

formateurs et des interrupteurs en plein air. Ces postes sont construits avec des charpentes métalliques constituées par un assemblage de pylônes et de poutres.

La métallisation trouvera donc également une application importante dans la protection contre l'oxydation des fers des postes de transformation du type extérieur; l'emploi de ce procédé de revêtement sera d'ailleurs d'autant plus justifié que le nombre des lignes de transmission d'énergie qui aboutissent à ces postes ou qui en partent sera plus élevé.

La Commission technique des Régions libérées a fait métalliser au zinc les charpentes métalliques des postes de Amarld près Saint-Dié et de Landres, et les Ateliers de Constructions électriques de Delle métallisent au zinc les cuves des interrupteurs à 150 000 et 60 000 v qu'ils doivent fournir aux Chemins de fer du Midi pour leurs postes de transformation type « extérieur » (fig. 11).

Outre ces applications mécaniques, déjà intéressantes, de la métallisation, nous citerons l'usage que l'on peut faire du procédé Schoop pour améliorer les conditions de fonctionnement des appareils électriques entrant dans l'équipement des postes. Ainsi, il sera possible d'améliorer la répartition du potentiel des isolateurs à chaînes et il sera aisé de réaliser l'échelonnement des capacités des dispositifs de sortie des transformateurs et des interrupteurs, en vue d'éviter que le gradient du potentiel atteigne en certains points de ces dispositifs des valeurs dangereuses? Enfin, on pourra envisager, par la métallisation au cuivre, l'amélioration de la conductibilité des tubes en fer que l'on utilise comme barres-omnibus aussi bien pour réduire les effets Kelvin que les effets de couronne.

A. Dagory,
Ancien ingénieur de la marine.

Revues, analyses et informations

Etude graphique de la répartition du champ dans l'entrefer des machines électriques (1).

Quelques simplifications préliminaires s'imposent pour la commodité de cette étude. Ainsi on suppose que le champ est uniformément réparti parallèlement à l'axe des machines ce qui n'est pas toujours le cas. L'influence de la saturation ainsi que celle des encoches — dont il sera parlé plus loin, — ne sont pas non plus négligeables. Rien n'empêche, du reste, de tenir compte de ces influences, une fois les diagrammes obtenus.

1. Etude des machines a champ stationnaire, c'est-à-dire pour lesquelles le champ est invariable en grandeur et direction. La méthode se base sur ce fait que l'intensité d'un champ est d'autant plus grande que la réluctance du circuit des lignes de force est plus petite. Ainsi la valeur H_r du champ en un point du tore de la figure 1, à distance r de l'axe, est

$$\mathcal{H}_r = \frac{2\pi I}{r}$$

(1) Wilhelm Stiel. *Bulletin de l'Association suisse des Electriciens*, janvier 1922, t. XIII, p. 9-21, 5500 mots, 18 fig.

Le champ a son maximum d'intensité vers le bord interne du tore où la réluctance du circuit des lignes de force est plus petite qu'au bord externe, parce qu'au centre la longueur de ces circuits est plus petite qu'à la périphérie.

La modification apportée dans la répartition du champ par un intervalle d'air est caractérisée par la remarque suivante. Si, dans le tore de la figure 2, nous pratiquons par coupure un petit entrefer comme l'indique la figure 2a et si nous portons en ordonnées, sur une droite horizontale, les valeurs du champ rencontrées le long du parcours A-B dans l'entrefer, nous obtenons la courbe 2b Les pointes de cette courbe correspondent aux régions de champ maximum; elles se trouvent à l'intérieur du tore en vertu du fait préliminaire ci-dessus. Mais, si l'entrefer était grand, les différences de réluctance des circuits magnétiques de l'intérieur et de l'extérieur du tore disparaîtraient, parce que les longueurs plus ou moins grandes des parties fer de ces circuits deviendraient négligeables vis-à-vis de la réluctance due au large intervalle d'air. Les irrégularités de la courbe disparaîtraient également, comme sur la figure 2c.

Un raisonnement analogue expliquerait les formes des courbes du champ représentées à côté du schéma des machines des figures 3 et 4.

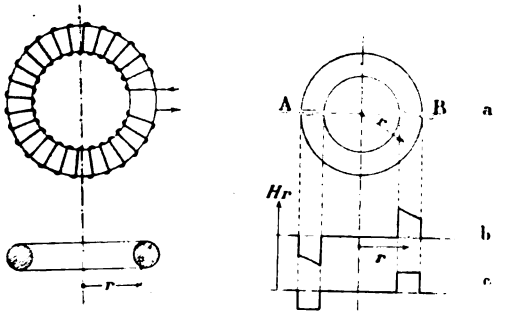


Fig. 1 et 2.

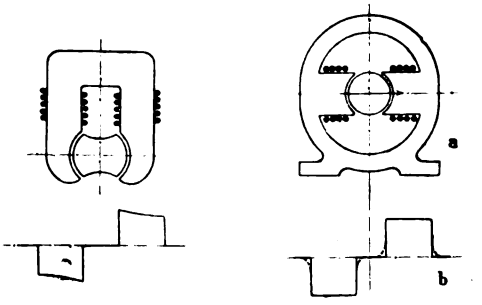


Fig. 3 et 4.

Digitized by Google

La machine de la figure 4 possède sur la précédente l'avantage d'un champ plus régulier. C'est le type moderne des machines de ce genre.

Si l'on imagine les pièces polaires de cette machine s'élargissant démesurément, on arrive aux types représentés figures 5, 6 et 7.

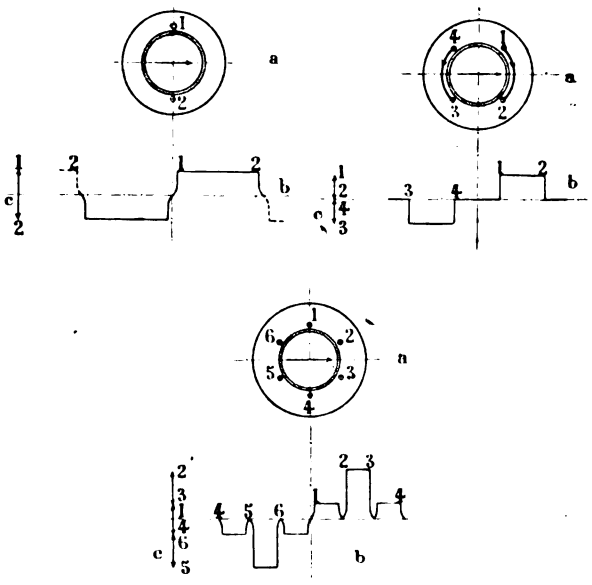


Fig. 5, 6 et 7.

Les figures 8 et 9 correspondent à des courbes (théoriques) de champs dans le cas de différents nombres de trous par pôle.

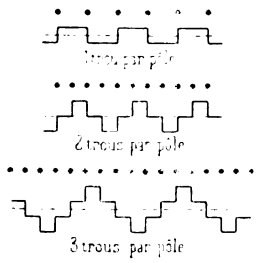


Fig. 8.

Toutes les courbes précédentes ont été établies en négligeant l'influence de la saturation et des encoches. La saturation aurait pour effet de diminuer davantage le champ dans les parties d'ordonnées maximum des courbes, que dans les autres parties. Il en résulte un aplatissement des courbes tel que l'indique la figure 10. Les encoches augmentent la réluctance des circuits magnétiques ; elles exigent donc, pour un même effet, un surcroit de force magnétomotrice. Elles introduisent dans la courbe du champ des points anguleux (fig. 7) que ne présentent pas les pôles en saillie (comparer avec les figures 3, 4, 5, et 6).

2. Etude des machines a champ tournant. — La dénomination de « champ tournant » est inexacte, en ce sens qu'il n'y a pas de champ qui tourne dans les machines à champ tournant. Ce qui tourne, c'est la répartition de l'induction, envisagée à un instant donné. De plus, le phénomène est loin d'être régulier comme la rotation qu'on imagine. Non seulement la vitesse de rotation n'est pas constante si on ne l'envisage que pendant une fraction de période ; mais la répartition de l'induction varie en fonction de la position, car les stators des machines à champ tournant sont loin d'être homogènes, magnétiquement et électriquement. En sorte que, pour se faire une idée du « champ tournant », il faut imaginer la rotation plus ou moins régulière d'une figure représentant la répartition de l'induction, figure déformable suivant ses différentes positions.

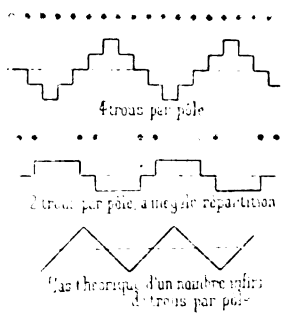


Fig. 9.

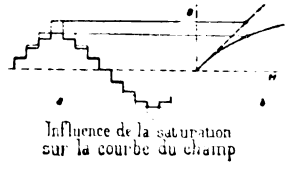


Fig. 10.

La méthode graphique connue sous le nom de diagramme de Görges permet de représenter cette figure en l'une de ses positions instantanées. On peut ainsi se rendre compte de quelle façon le champ « tournant » se rapproche de la forme théorique (caractérisée par une vitesse constante, une même valeur pour toutes les directions, des conditions identiques pour chaque dent). Le diagramme de Görges se présente sous forme d'un polygone irrégulier, dont le nombre de côtés est double du nombre de phases, et où les côtés représentent les valeurs successives du vecteur flux, déterminé de dent à dent. L'auteur commente un certain nombre de ces figures, mais elles sont établies d'après des schémas d'enroulements, non reproduits, du traité allemand d'Arnold.

L. C.

Digitized by Google

SECTION ÉCONOMIQUE & FINANCIÈRE

Assemblées générales

Société hydroélectrique des Dranses.

ASSEMBLÉE GÉNÉRALE ORDINAIRE DU 15 JUIN 1922.

La situation de la société s'est beaucoup améliorée durant l'exercice 1921, néamoins le compte profits et pertes se solde encore par un déficit.

Les conventions avec la Société des anciens Etablissements Braunstein frères ont été signées en 1920, mais, par suite de la négligence de la Société Coignet qui, sans aucun avantage pour elle, a conservé l'usine de Vongy jusqu'à la dernière minute prévue à son contrat, la Société Braunstein frères n'a pu entrer en jouissance des locaux de Vongy que le 21 février 1921. C'est à cette date qu'elle a commencé la construction de son usine à papier, usine d'une importance considérable, mais malheureusement pas encore achevée à l'heure actuelle.

L'usine de Bonnevaux est donc presque en chômage, le courant n'étant demandé que pour la marche des moteurs qui font tourner quelques machines servant à la construction; aussi la société a pu fournir du courant à la Société d'Electricité d'Evian-Thonon-Annemasse pendant le mois de décembre 1921 et le premier trimestre 1922, par suite d'une entente avec la Société Braunstein frères. Cette fourniture temporaire a permis de réaliser un petit bénéfice supplémentaire et, en même temps, de rendre service à la Société d'Evian-Thonon-Annemasse qui, par suite de la sécheresse et d'un accident à son canal, se serait vu obligée, sans ce secours, d'interrompre sa fourniture à sa clientèle habituelle de Thonon et d'Evian.

Les travaux d'agrandissement de l'usine de Bonnevaux ont continué pendant toute l'année 1921 et n'étaient pas encore terminés à la fin de l'exercice; ils le sont aujourd'hui et des essais officiels ont montré que les nouvelles machines pouvaient être mises en service : la prime fixe qui est payée par la Société Braunstein a été en conséquence augmentée à partir du 1er mars 1922 et portée à 35 000 fr par mois.

Les trois demandes de concession déposées l'année dernière ont été retournées à la société il y a quelque temps par l'Administration pour modifications de certains articles du cahier des charges Après étude des désirs de l'Administration et d'accord avec son ingénieur conseil, la société a envoyé à Grenoble les cahiers des charges modifiés; elle espère que les formalités qui restent encore à remplir n'entraîneront pas de trop longs délais.

Les recettes d'exploitation : fournitures de courant, loyer de l usine de Vongy et divers se sont élevées à 349 929,05 fr.

Les dépenses correspondantes : frais généraux, frais d'exploitation, d'entretien et de justice, impôts de toute nature, redevances à l'Etat ou aux Communes et les assurances incendie, accidents et responsabilité civile se sont élevées à 203 486,82 fr.

L'exploitation proprement dite a laissé un produit brut de 146 442,23 fr.

Mais le le compte de profits et pertes doit supporter : la charge d'intérêt des obligations, les intérêts de comptes courantset d'avances et ceux du solde du prix d'adjudication.

Par suite, l'insuffisance de l'exercice ressort à 25 115,20 fr qui sont reportés au compte dépenses de premier établissement.

BILAN AU 31 DÉCEMBRE 1920.

Actif.	fr
Frais de constitution et d'émission	97 177,30
Etudes, projets et divers	304 720,70
Prime de remboursement des obligations	53 075 »
Frais d'actes d'acquisition	315 599,32
Dépenses de premier établissement	3 698 971,24
Travaux en cours	651 461,86
Outillage, mobilier et agencement	49 406,15
Loyer d'avance et cautionnements	1 150 »
Caisses et banques	130 050,59
Débiteurs divers	17 187,25
Impôts à recouvrer	2 575,56
Marchandises en magasin	16 803,55
Profits et pertes : solde débiteur	25 115,20
	5 393 293,62

Passif.	fr
Capital social	3 000 000 »
Obligations 6 pour 100	1 060 500 »
Société d'Electricité du Chablais (en liquidation) :	
Solde du prix principal d'adjudication	750 000 »
Coupons d'obligations	26 687,50
Créditeurs divers	555 106,12
	5 393 293,62

Comptoir d'achat de Tôles dynamos.

ASSEMBLÉE GÉNÉRALE ORDINAIRE DU 30 MARS 1922.

Le Comptoir, pendant le difficile exercice de 1921, a persévéré dans l'œuvre de collaboration pour laquelle il avait été créé. Le Conseil rappelle aux membres l'intérêt qu'ils ont à passer par son intermédiaire pour toutes leurs commandes de tôles dynamos.

Le Comptoir obtiendrait encore de meilleurs résultats auprès de ses fournisseurs, s'il pouvait grouper suffisamment de commandes.

Des ristournes proportionnées au tonnage annuel viennent, notamment, en déduction de la légère commission prélevée pour payer les frais généraux du Comptoir. Si celui-ci a contribué à provoquer des baisses des cours et à maintenir une certaine homogénéité entre entre ceux des forges françaises et étrangères, il a, pour le compte d'un grand nombre de ses membres, traité et surveillé des opérations d'assurances maritimes et de transit des fournitures venant de l'étranger

Il a servi d'intermédiaire pour des échanges ou prêts de tôles entre adhérents ou même pour des annulations de commandes. Il a continué à vérifier les factures dont il reçoit des duplicata, et a obtenu des réductions avantageuses.

Enfin, il est intervenu dans la discussion des règles provisoires que les constructeurs électriciens et les métallurgistes désiraient établir pour la fourniture de tôles dynamos et il

Digitized by Google

a eu la satisfaction de pouvoir aboutir dans des conditions qui ne sont pas définitives, mais qui ouvrent la voie à une entente sur des garanties qui donneront satisfaction à toutes les exigences de la construction électrique.

Pendant l'année, les inscriptions en forges se sont élevées à 4 600 t, dont 2 800 t reportées de l'exercice précédent et 1 800 t seulement d'inscriptions nouvelles.

Il restait à livrer au 31 décembre, 1 400 t. Les 3 200 t effectivement livrées en 1921 ont été facturées 7 485 800 fr.

Ce chiffre est en notable diminution sur celui correspondant de l'exercice précédent, d'une part, en raison du ralentissement général des affaires et, d'autre part, en raison de la baisse des cours des tôles dynamos : les prix ont, en effet, fléchi, de fin décembre 1920 à fin décembre 1921, de près de 50 pour 100 pour les qualités ordinaire et supérieure et d'environ 40 pour 100 pour la qualité extra-supérieure.

Le bilan de l'exercice fait ressortir au passif, un excédent de 49 949,47 fr entre les recettes et les dépenses.

Sur cet excédent, il est prélevé, tout d'abord, une somme de 3 600 fr pour porter la réserve légale au dixième du capital actuel et 21 374,75 fr à ajouter à la réserve statutaire, destinée à parer aux déficits éventuels ultérieurs.

Le solde, c'est-à-dire la moitié de l'excédent, est réparti entre les associés au prorata du total de leurs achats pendant l'exercice.

La réserve de prévoyance, qui s'élève encore à 49 740,01 fr, continuera à jouer le rôle que lui a été assigné précédemment et contribuera à fortifier la situation financière.

Le compte d'ordre figure pour 56 547,35 fr, il est constitué par les ristournes des forges proportionnées au tonnage livré au cours de l'exercice.

Cette ristourne est répartie entre ceux des adhérents qui ont, par leurs commandes, contribué à les obtenir.

Bilan au 31 décembre 1921.

Actif.	fr
Mobilier	1 »
Portefeuille, valeur nominale	200 000 »
Caisse	955,70
Banque des Pays du Nord	52 677,61
Adhérents, soldes débiteurs	53 433,15
Compte d'ordre	56 547,35
	363 614,81

Passif.	fr
Capital-actions	101 000 »
Réserve légale	6 500 »
Réserve statutaire	52 271,31
Réserve de prévoyance	49 740,01
Adhérents, soldes créditeurs	18 100,17
Créditeurs divers	24 629,80
Compte d'ordre	56 547,35
Intérêts différés du portefeuille	4 876,70
Excédent	49 949,47
	363 614,81

Appareils électriques et Compteurs Garnier.

Assemblée générale ordinaire du 29 mai 1922.

La situation de la société pendant cet exercice a été des plus favorables au point de vue financier et commercial. Il a été livré cette année beaucoup plus d'appareils que les années précédentes pour un chiffre d'affaires à peu près équivalent.

Les bénéfices ont également augmenté mais étant donné l'incertitude actuelle, le Conseil a cru sage de consacrer une grande partie de ces bénéfices aux amortissements et réserves spéciales.

La société a, durant l'année, créé dans ses immeubles de Paris, 115, rue Cardinet, une maison de vente avec laboratoire, atelier de réparations et bureaux, sous la direction d'un ingénieur-directeur et de plusieurs ingénieurs-techniciens s'occupant également des voyages.

Il a été adjoint à cette succursale l'agence générale de la Société « Le Moteur électrique ».

Cette nouvelle organisation, terminée en décembre, a commencé à fonctionner dès le 1er janvier 1922. Les premiers résultats obtenus font bien augurer pour l'avenir.

La société s'est attachée, en outre, à développer son service « exportation ; » elle a pris une participation à la « Société industrielle d'Exportation en Extrême-Orient » et a créé une représentation à Constantinople et en République Argentine.

Elle a mis au point quelques nouveaux types de compteurs et, en outre, a traité avec les Etablissements Sauter, de Bâle, pour la vente et, éventuellement, la fabrication exclusive de tous ses appareils automatiques.

Cette fabrication sera prochainement entreprise dans les nouvelles usines, chemin Feuillat.

La construction de la nouvelle usine sur le terrain, chemin Feuillat, chemin des platanes et cours Gambetta, a été commandée en octobre et les travaux ayant été poussés très activement, jusqu'à ce jour, on peut espérer son achèvement en septembre prochain.

Les bénéfices de l'exercice ressortent à 378 299,83 fr en augmentation de 82 879,78 fr sur ceux de 1920.

Ce solde bénéficiaire se répartit :

5 pour 100 la réserve légale, 50 000 fr de réserve spéciale pour impôts, 129 791,08 fr de réserve extraordinaire, un dividende de 6 pour 100 aux actions d'apport, un dividende de 6 pour 100 aux actions numéraires, troisième et quatrième quarts versés au 15 avril.

Sur l'excédent de 110 000 fr il est prélevé 20 pour 100 pour le Conseil d'administration.

Sur le reste, il est versé 70 pour 100 aux actions et 30 pour 100 aux parts bénéficiaires. Sur les parts revenant aux actions, soit 61 600 fr, il est mis en paiement 25 fr par action de superdividende, soit 60 000 fr. Le solde 1 600 fr est porté à un compte de réserve facultative.

Le dividende est payable à partir du 1er juillet, sous déduction des impôts, contre remise du coupon n° 2 : aux actions d'apport n°s 1 à 1 850 net 49,50 fr, aux aux actions ordinaires n°s 1 851 à 2 400 net 43,75 fr, aux parts bénéficiaires net 19,80 fr.

Bilan au 31 décembre 1921.

Actif.	fr
Frais de premier établissement	1 »
Fonds de commerce	150 000 »
Immeubles : Lyon et Paris	270 848,45
Machines, matériel, automobiles	94 845,55
Agencements : Lyon et Paris	45 001 »
Etudes et instruments de mesure	1 »
Caisses et banques	476 336,40
Clients et débiteurs divers	807 945,05
Effets à recevoir	600 »
Portefeuille-titres	53 062 »
Approvisionnements et marchandises	187 000 »
Impôt à retenir sur dividendes	11 625,45
	2 097 265,90

Passif.	fr.
Capital	1 200 000 »
Réserve légale	14 771 »
Réserve extraordinaire	75 000 »
Réserve facultative	2 573,47
Provision pour impôts	45 000 »
Créanciers divers	381 621,60
Profits et pertes : bénéfices de l'exercice	378 299,83
	2 097 265,90

Digitized by Google

SECTION DE LÉGISLATION

Revues, analyses et informations

Le problème du contrat collectif du travail en France

Une des questions les plus actuelles parmi toutes celles qui se rattachent à la législation sociale et ouvrière est celle du contrat collectif. Elle a fait l'objet de nombreux ouvrages et d'importantes études, tout spécialement dans ces derniers temps. On en parle et on en parlera de plus en plus fréquemment dans les milieux qui, à des titres divers, s'occupent des questions sociales; elle présente d'ailleurs un intérêt à la fois pratique et doctrinal.

Nous pensons donc intéressant de donner à nos lecteurs le moyen de se faire une opinion sur cet important problème, en résumant à leur intention un article fort intéressant publié par M. Piron dans la « Revue internationale du Travail » (1).

Les faits. — Alors qu'avant la guerre les conventions collectives avaient pris une importante expansion en Angleterre, aux Etats-Unis, en Allemagne principalement, la France n'en vit conclure qu'un petit nombre, localisé fort étroitement et n'intéressant que de rares industries (mines, typographie, bâtiment); agriculture et commerce les ignoraient presque totalement. Au total l'Office du travail en enregistra: 252 en 1910, 202 en 1911, 104 en 1912, 67 en 1913; décroissance accentuée.

Soudain en 1917, après la période de sommeil économique qui marque les trois premières années de la guerre (51 conventions collectives en 1914, 1 en 1915 et 4 en 1916) un essor sans précédent s'affirme et va dès lors progressant; 134 en 1917, 253 en 1918, 557 en 1919, 267 en 1920. De locaux, ces accords deviennent souvent régionaux et tendent même vers le contrat collectif national: métallurgie, bâtiment, typographie. Ils visent d'ailleurs à réglementer non seulement les tarifs, mais l'économie d'ensemble à fixer la « charte » du métier: durée de la journée du travail, emploi de la main-d'œuvre étrangère, etc... Souvent on institue des commissions mixtes chargées de résoudre tout litige soulevé par l'application du contrat et d'étudier toutes les questions intéressant la profession.

Il importe de noter que l'action publique et l'initiative privée collaborent à l'établissement de ces contrats pendant et depuis la guerre; deux fois sur trois, de 1914 à 1918 l'intervention administrative, allant parfois jusqu'à la pression, est au point de départ des négociations; d'autre part, elle fortifie et cherche à généraliser l'application des accords une fois conclus. « En exécution des lois du 11 juin 1917 sur la semaine anglaise et du 23 avril 1919 sur la journée de huit heures, des accords libres et privés entre organisations patronales et ouvrières ont été ainsi par décrets étendus à l'ensemble d'une profession et d'une région. »

La guerre a donc hâté une évolution qui fait du contrat collectif de travail l'instrument d'une véritable réglementation professionnelle.

La doctrine. — Quelle est la nature juridique de l'obligation que contractent patrons et ouvriers de se conformer aux clauses du contrat collectif? Trois catégories de réponses ont été apportées.

Les premiers auteurs et les plus nombreux (1898-1905 environ), soutiennent que l'obligation de chaque individu intéressé repose sur un acte individuel de volonté, un consentement, exprès ou tacite, donné par lui-même ou par mandataire. Mais cette thèse ne considère pas que le contrat collectif, fournit essentiellement aux ouvriers le moyen de remédier à l'infériorité qui pesait sur eux lorsqu'ils se présentaient sur le marché du travail isolément et pressés de s'embaucher: tout contrat collectif vraiment efficace et stable implique non seulement, comme toute convention quelconque, échange de consentements et exécution loyale de part et d'autre, mais impossibilité opposée à des contrats de travail contraires aux stipulations arrêtées, même entre individus restés étrangers au premier accord. Toutes les modalités de contrats reposant sur l'obligation individuelle; mandat, gestion d'affaire, stipulation pour autrui, ne sauraient s'appliquer à cette extension nécessaire du contrat collectif.

Un second groupe, depuis 1908 environ, s'attache à concilier le principe de la liberté individuelle avec les exigences du droit collectif, l'idée de contrat et celle de loi: une loi collective, normative et obligatoire repose ici sur un fondement contractuel. Une comparaison ingénieuse due à M. Ronast (Thèse, Lyon, 1909) trouve dans le contrat collectif de travail comme dans le concordat un état de « solidarité nécessaire » qui engendre un droit collectif et l'obligation, pour la minorité, de se plier aux règles déterminées par la majorité et évitant ici la faillite, là la grève.

Enfin, depuis les grandes conventions collectives de 1919, les théoriciens sont arrivés à éliminer complètement la notion contractuelle. Dans la convention collective, les parties poursuivent le même but — régler en commun les conditions du travail. Il en naît, non pas un rapport juridique de créancier à débiteur, mais une règle de droit objective, générale, permanente, un règlement, une véritable loi (Léon Dugnit, Droit constitutionnel, t. 1, 1921, p. 305-308). L'incorporation indiquée plus haut de contrats collectifs dans des règlements d'administration publique ne peut qu'appuyer cette conception et donner à la convention collective pour objet la détermination par avance du statut d'une industrie sans considérations personnelles quelconques.

Mais *le droit positif* ne se conforme encore que d'assez loin à l'évolution économique et aux investigations doctrinales également favorables à l'extension du contrat collectif de travail.

(1) Gaëtan Piron, professeur à la Faculté de Droit de Bordeaux. *Revue internationale du Travail*, Genève, janvier 1922, p. 37-53).

Digitized by Google

Avant la loi de 1919, la jurisprudence limite la valeur de cet accord dont elle statue essentiellement le caractère contractuel. Il ne lie pas ceux qui, étrangers à sa conclusion, n'y ont pas ensuite explicitement adhéré (art. 1165 du Code civil). En outre, aucun principe de droit ne s'oppose à ce que les ouvriers et les patrons bénéficiaires d'un tarif collectif dérogent par des contrats individuels à ce tarif qui n'a aucun caractère d'ordre public (Cassation, 16 décembre 1908, Dalloz, 1909, 1, 76). La violation de l'accord collectif ne constitue qu'une faute contractuelle. L'action syndicale en exécution ne s'exercera que dans la mesure où le syndicat a été partie contractante.

Cependant, la jurisprudence a sérieusement modifié ses vues en admettant (Cassation, 24 octobre 1916, Sirey 1920, 1, 17) la validité d'une clause par laquelle les patrons signataires d'une convention collective s'engagent à ne plus employer désormais que des employés syndiqués. Les tiers pratiquement subiront donc le contre-coup de l'accord collectif et risquent d'être obligés de se soumettre à sa loi, s'ils ne peuvent ou ne veulent changer de région et de métier.

On saisit là sur le vif ce qu'on a appelé le « pouvoir rayonnant » du contrat collectif, et ses conséquences à l'égard de la liberté individuelle et du principe de la relativité des conventions.

Comme la jurisprudence, la loi du 25 mars 1919 énonce formellement le caractère contractuel de l'accord collectif. Il ne lie que ceux qui y ont consenti : par signature, par mandataire ou tacitement en ne se retirant pas dans un délai de huit jours du groupement contractant. Le groupement, d'ailleurs, pourra à tout moment renoncer aux dispositions du contrat conclu sans durée déterminée, en notifiant sa décision aux co-contractants un mois à l'avance ; il reste loisible à ses membres d'y réadhérer ensuite à titre personnel.

Donc les tiers restent en dehors du champ d'action de l'accord collectif. Il en est de même, en ce qui concerne les sanctions. La loi ne donne au syndicat une action en justice à l'occasion d'une convention collective que s'il y a été partie ou au moins si ses membres sont liés par elle ; les intérêts généraux de la profession ne peuvent suffire à mettre en œuvre cette sanction.

Cependant, la législateur admet que l'accord collectif déborde à certains égards cette théorie individualiste et relative. Il déclare nul tout contrat individuel qui stipulerait entre employeur et employé liés par la convention collective quelque clause dérogatoire. Dans les contrats individuels entre l'un d'eux et un tiers l'accord collectif ne sera écarté que si les parties le stipulent en termes exprès ; le principe est que cet accord s'applique automatiquement (art. 31, q. r). Ces dispositions, au surplus, ne vont pas jusqu'à reconnaître l'accord collectif la valeur d'une règle professionnelle générale. Le caractère contractuel y reste dominant.

Il semble qu'en l'état actuel du syndicalisme, on ne pourrait guère aller plus loin. Pour que le caractère réglementaire de l'accord collectif contienne la consécration légale, il faudrait que des syndicats professionnels unifiés englobent soit de droit, soit en fait la quasi-totalité des ouvriers et des patrons. La collaboration des groupements syndicaux existants et des pouvoirs publics reste donc la seule conception répondant au stade présent de l'évolution économique. Certains théoriciens croient distinguer là un effacement progressif de l'Etat qui présagerait sa suppression finale, l'Atelier étant appelé à se substituer au Gouvernement. En réalité, « dans la société de demain, comme dans celle d'hier, l'individu, le groupe, l'Etat garderont un rôle et une place : le dosage différera... les groupes ne sauraient complètement éliminer ni l'effort individuel... élément d'originalité, ni l'action publique, facteur de coordination et d'unification ».

L'avenir des conventions collectives, enfin, dépendra directement de l'esprit même qui animera les syndicats ouvriers. Ceci reste en dehors du point de vue législative et juridique, mais doit fixer l'attention de l'économiste et du sociologue.

Nous espérons que l'analyse ci-dessus du travail précis de M. Piron aidera nos lecteurs à s'orienter dans l'étude d'une question qui a fait couler beaucoup d'encre et qui garde une brûlante actualité.

G. My.

Législation, jurisprudence, règlementation

Décret concernant la répartition de l'énergie électrique et les restrictions de consommation en cas d'insuffisance de la production.

Voici le texte de ce décret, en date du 4 mai 1922 et publié au « Journal officiel » du 15 mai, page 4931 et 4932.

Le Président de la République française,

Sur le rapport du ministre des Travaux publics, du ministre de l'Intérieur et du ministre du Travail,

Vu la loi du 15 juin 1906 sur les distributions d'énergie et, notamment, l'article 18 portant que des règlements d'administration publique déterminent :

« 6° Les mesures relatives à la police et à la sécurité de l'exploitation des distributions d'énergie » ;

. . . . . .

« 8° Et, en général, toutes les mesures nécessaires à l'exécution de la présente loi » ;

Vu le règlement d'administration publique du 3 avril 1908,

Vu les décrets des 17 mai 1908, 20 août 1908 et 30 novembre 1909, modifiés par le décret du 28 juin 1921, ensemble les trois cahiers des charges approuvés par ces décrets ;

Vu l'avis du Comité d'Electricité en date du 25 novembre 1921 ;

Vu l'avis du ministre de l'Agriculture en date du 10 décembre 1921 ;

Le Conseil d'Etat entendu,

Décrète :

ARTICLE PREMIER. — Lorsqu'un concessionnaire de distribution d'énergie électrique se trouve dans l'impossibilité de répondre aux besoins de la consommation et si les dispositions que, par application de l'article 25 de son cahier des charges, il est mis en demeure de prendre pour rétablir l'intégralité du service, ne peuvent remédier immédiatement à la pénurie du courant, le préfet peut, en attendant l'exécution de ces dispositions, prescrire, après accomplissement des formalités ci-dessus édictées, les mesures nécessaires pour répartir équitablement l'énergie disponible.

Pour Paris et le département de la Seine, il appartient au

Digitized by Google

préfet de la Seine d'ordonner lesdites mesures après s'être concerté avec le préfet de police.

Art. 2. — Dans les départements, autres que celui de la Seine, le préfet réunit une commission consultative dont il nomme les membres et qu'il préside.

Cette commission comprend l'ingénieur en chef du Contrôle des Distributions d'Energie électrique, l'inspecteur divisionnaire du Travail ou son représentant, un représentant du réseau de distribution et un représentant des consommateurs présentés par la ou les chambres de commerce.

En outre, s'il s'agit d'une concession de l'Etat, le préfet désigne, comme membre de la commission, un des maires des communes desservies par le réseau : s'il s'agit d'une concession accordée, soit par une commune, soit par un syndicat de commune, le maire de la commune concédante ou le président du Comité du Syndicat font partie de droit de la commission.

Quand le réseau de distribution comporte plusieurs concessions communales, le préfet choisit celui des maires des communes concédantes qui siégera dans la commission.

Les maires des communes desservies par le réseau ou des communes concédantes sont appelés à produire leurs observations.

Art. 3. — Pour Paris et les communes du département de la Seine, la commission consultative est réunie par le préfet de la Seine et présidée par lui ou son représentant.

Cette commission dont les membres sont nommés par le préfet de la Seine, d'accord avec le préfet de police, est composée d'un représentant du préfet de police, de l'ingénieur en chef du Contrôle des Distributions d'Energie électrique, de l'inspecteur divisionnaire du Travail ou de son représentant, d'un membre du Conseil général de la Seine, d'un représentant du réseau de distribution, de deux représentants des concessionnaires de services publics desservis par le réseau, de deux représentants des industriels abonnés et de deux représentants de leurs ouvriers.

En outre, elle comprend : s'il s'agit d'une concession donnée par la Ville de Paris, un membre du Conseil municipal de Paris, et s'il s'agit, soit d'une concession d'Etat s'étendant sur plusieurs communes de la banlieue, soit d'un réseau, comportant plusieurs concessions communales, un des maires des communes desservies par le réseau ou des communes concédantes.

Les maires des communes desservies par le réseau ou des communes concédantes sont appelés à produire leurs observations.

Art. 4. — Lorsque le réseau de distribution s'étend sur plusieurs départements, le préfet du département, où est situé le principal centre de consommation, réunit et préside la commission qui comprend :

1° Pour chaque département, l'ingénieur en chef du Contrôle des Distributions d'Energie électrique ou son représentant et l'inspecteur divisionnaire du Travail ou son représentant ;

2° Un représentant de chacun des réseaux intéressés ;

3° Pour l'ensemble des départements, un à trois représentants des consommateurs présentés par la ou les chambres de commerce de la région intéressée et un à trois maires des communes desservies ou des communes concédantes désignées par le préfet.

Le nombre des maires et des représentants des consommateurs est, dans chaque cas, fixé, en nombre égal, par le préfet qui réunit la commission.

Art. 5. — La commission consultative est informée, par le préfet, des dispositions que le concessionnaire a été mis en demeure de prendre pour remplir ses obligations et du délai nécessité par l'exécution de ces dispositions.

Elle examine, au vu des propositions du concessionnaire et sur le rapport de l'ingénieur en chef du Contrôle des Distributions d'Energie électrique, les mesures de répartition et de restriction, provisoirement indispensables, et qui portent sur l'énergie consommée, soit pour l'éclairage, tant public que privé, soit pour la force motrice, soit simultanément pour ces deux objets.

La commission peut, d'office ou sur leur demande, convoquer toutes les personnes dont elle estime l'avis utile.

Art. 6. — Lorsque l'accord sur les mesures de répartition et de restriction s'établit entre les membres de la commission, le préfet, sur le vu du procès-verbal constatant l'accord, prend immédiatement un arrêté prescrivant ces mesures.

Quand l'accord ne peut pas se réaliser, le préfet fait préciser dans le procès-verbal de la séance de la commission, les objections contre les mesures proposées et les réponses faites par le représentant du réseau. Il adresse ensuite, dans le délai de vingt-quatre heures, au ministre des Travaux publics, trois copies de ce procès-verbal avec son avis.

Le ministre des Travaux publics, après avoir consulté les ministres de l'Intérieur et du Travail, fait connaître sa décision au préfet, qui prend un arrêté conforme.

Art. 7. — En cas d'urgence absolue, le préfet peut, sans attendre la réunion de la commission, prescrire immédiatement, pour une durée maximum de quinze jours, les mesures de répartition et de restriction qu'il juge indispensables.

L'instruction se poursuit ensuite conformément aux règles édictées par le présent décret.

Art. 8. — Les mesures prévues aux articles 1er (§ 2), 2, 3, 4, 5 (§§ 2 et 3), 6 et 7 ci-dessus sont également applicables lorsqu'un réseau de distribution, établi sous le régime des permissions de voirie, se trouve dans l'impossibilité de répondre aux besoins de la consommation.

Art. 9. — Les mesures de répartition et de restriction sont prises tous droits des tiers réservés.

Art. 10. — Les ministres des Travaux publics, de l'Intérieur et du Travail sont, chacun en ce qui le concerne, chargés de l'exécution du présent décret, qui sera publié au « Journal officiel » et inséré au « Bulletin des lois ».

Fait à bord de l' « Edgar-Quinet », le 4 mai 1922.

Arrêts de la Chambre des Requêtes concernant la loi du 21 janvier 1918, dite Loi Failliot.

La « Gazette des Tribunaux » des 1-2 mai 1922 signale les deux arrêts suivants :

I. Il résulte d'un arrêt rendu, le 1er août 1921, par la Chambre des Requêtes de la Cour de Cassation, que les modifications partielles et momentanées faites pendant la guerre à un marché d'avant-guerre, ne constituent pas un contrat nouveau, qui se serait substitué à la convention originaire et se serait suffi à lui-même.

Par suite, un arrêt peut déclarer résilié le marché d'avant-guerre et non les modifications ultérieures en vertu de la loi du 21 janvier 1918.

Et cette résiliation peut être prononcée au jour de la demande et non à l'époque où expirait l'application de la modification partielle.

Par suite, la Cour suprême a rejeté un pourvoi de cassation formé contre un arrêt rendu le 31 janvier 1920 par la Cour de Paris, laquelle avait statué dans le même sens.

II. La Chambre des Requêtes de la Cour de Cassation a rendu, le 8 mars 1922, au sujet de la loi du 21 janvier 1918, un arrêt aux termes duquel le vendeur qui, après la promulgation de la loi du 21 janvier 1918 sur la résolution des contrats commerciaux, a reçu, pour un marché à livrer, conclu en mars 1914, des acomptes sur le prix des choses faisant l'objet de la dernière annuité du contrat, doit être supposé, en raison de la réception de ces payements, avoir renoncé à se prévaloir du droit de résolution que la loi mettait à sa disposition.

Digitized by Google

Par suite, la Cour de Cassation a rejeté un pourvoi formé contre un arrêt de la Cour d'Alger, du 28 janvier 1920, rendu dans le même sens.

Jugements du Conseil de Prud'hommes de la Seine et du Conseil de Prud'hommes de Nantes concernant l'inexécution des clauses du contrat d'apprentissage par les apprentis.

« La Journée industrielle » du 3 juillet 1922, publie la note suivante :

Le contrat d'apprentissage comporte, comme tout contrat, des obligations à charge de chacune des deux parties contractantes. Il y a là un principe dont il n'est pas inopportun de rappeler l'existence, en présence des libertés souvent excessives prises vis-à-vis des patrons par les jeunes apprentis ou leur famille au cours de l'apprentissage. Aussi y a-t-il intérêt à relever deux jugements, l'un du Conseil de Prud'hommes de la Seine du 16 décembre 1921, l'autre du Conseil de Prud'hommes de Nantes du 17 mars 1922, rendus tous deux en matière d'inexécution des clauses du contrat d'apprentissage par les apprentis.

Le Conseil de Prud'hommes de la Seine, dans son jugement ci-dessus, a décidé que, lorsque le père de l'apprenti refuse d'une façon formelle de faire continuer à son fils un contrat d'apprentissage régulièrement conclu, il y a lieu d'allouer au maître qui a rempli ses engagements une indemnité pour le préjudice que lui cause la rupture du contrat. C'est ainsi que, la mère d'un jeune apprenti fourreur a été condamnée à payer au patron, une indemnité de 500 fr, pour le préjudice que lui avait causé la rupture du contrat d'apprentissage.

Le jugement est ainsi motivé :

Attendu qu'il est établi que R... remplissait les conditions incombant à un maître à l'égard de l'apprenti, lui enseignant parfaitement son métier et lui donnant même, après six mois, le salaire qui ne lui était dû qu'après une année entière ;

Que, dans ces conditions, K..., de son côté, devait se conformer aux stipulations du contrat fixé par l'usage professionnel et la convention intersyndicale susvisée, que les raisons par elle invoquées pour justifier son refus de faire continuer le contrat à son fils sont inexistantes car la mère faisait surtout une question de gros sous de la continuation du contrat ;

Attendu, en conséquence, qu'il y a lieu de dire R... bien fondé en sa demande et y faire droit.

Mais, attendu que la mandataire de K... refuse d'une façon formelle de faire continuer l'apprentissage à son fils, il y a lieu de dire que K... devra payer à R... une indemnité pour le préjudice que lui cause la rupture de ce contrat, car, K... n'avait le droit de ne rompre que pour les causes prévues par la loi, etc.

La décision du Conseil de Prud'hommes de Nantes, de son côté, a rejeté une demande en dommages-intérêts, formée par le père d'un apprenti renvoyé par la Société où ce dernier était en cours d'apprentissage.

Le jugement est motivé de la façon suivante :

Attendu que, le 25 janvier 1922, D... père a été informé par lettre recommandé que la conduite de son fils était mauvaise et qu'il venait d'être puni trois fois de suite pour s'être amusé en classe et à l'atelier ;

Attendu que le père a eu le tort de ne pas donner à cet avertissement ainsi qu'aux précédents la suite qui aurait convenu ;

Qu'il y a lieu de constater de ce fait une négligence de sa part et de tenir compte que l'article 6 du contrat (passé entre le père et l'employeur) prévoit l'inconduite comme cause de renvoi ;

Qu'il y a lieu, dans ces conditions, de considérer le renvoi comme justifié, etc.

Arrêt de la Cour de Cassation concernant la responsabilité d'un médecin dans une escroquerie en matière d'indemnités pour accidents du travail.

La « Journée industrielle » du 3 juillet publie à ce sujet la note suivante :

La Cour de Cassation vient de rendre son arrêt dans une affaire d'accident de travail qui intéresse au plus haut point les employeurs de main-d'œuvre et les compagnies d'assurances.

Voici les faits : le journalier Goulon, au service de la Compagnie générale transatlantique, ayant été blessé à la main le 20 décembre 1920, toucha d'abord régulièrement l'indemnité de demi-salaire, sur la production de bons d'acompte à lui délivrés par le docteur R. F..... du Havre, et indiquant le nom d'Alfred Goulon. Le 11 février, n'étant pas encore guéri, il entra au service de la Société Poitevin, Mannoni et Cie, entrepreneurs de déchargements de navires au Havre. Dès le lendemain 12 février, il était atteint d'une nouvelle blessure à l'avant-bras gauche. Sur la production de bons d'acompte à lui délivrés par le docteur F..., et indiquant le nom d'Alphonse Goulon, il toucha une nouvelle indemnité de demi-salaire de la Société Poitevin-Mannoni.

Le Tribunal correctionnel du Havre, considérant que l'ouvrier avait continué à toucher frauduleusement de la Compagnie générale transatlantique, toujours à l'aide des bons d'acompte délivrés par le docteur F.... et indiquant le nom d'Alfred Goulon, des indemnités de demi-salaire et qu'il était arrivé ainsi à cumuler une double indemnité, le condamna à une peine de prison pour escroquerie.

Par surcroît, considérant que la production des bons et l'intervention du docteur F...., constituaient une manœuvre frauduleuse, le tribunal condamna ce médecin à diverses peines pour complicité.

Appel fut fait par le docteur F..... de cette condamnation. L'ouvrier, lui, reconnaissant les faits, accepta la peine prononcée contre lui.

La Cour d'Appel de Rouen condamna à son tour le docteur F..... à trois mois de prison, à 1 fr de dommages et intérêts, à des restitutions et à suspension, pendant six mois, de la profession de médecin, pour complicité d'escroquerie.

Appelée à statuer sur un pourvoi du docteur F....., la Cour de Cassation a déclaré non recevables les arguments du docteur et confirmé la décision des premiers juges.

Cet arrêt, qui fait l'objet de nombreux commentaires dans le monde des affaires, est appelé à être suivi d'un autre jugement pour une affaire analogue, dans laquelle est compromis un autre docteur havrais qui aurait, lui aussi, favorisé les abus des accidentés ou prétendus accidentés du travail.

Digitized by Google

REVUE GÉNÉRALE DE L'ÉLECTRICITÉ

Organe de l'Union des Syndicats de l'Électricité

réunissant

LA REVUE ÉLECTRIQUE 1904-1916 — LA LUMIÈRE ÉLECTRIQUE 1879-1916

DIRECTEUR : J. BLONDIN, Agrégé de l'Université.

6e ANNÉE. — TOME XII. — N° 5. — 5 AOUT 1922.

Chronique. — Avis à nos lecteurs. — L'excursion de la Chambre syndicale des Forces hydrauliques en Dauphiné et en Savoie. — Légion d'Honneur. — Bibliographie : Cours d'Electricité générale de l'Ecole navale, par Emile HAUDIÉ, p. 161-162.

Section scientifique et technique. — Marche en parallèle des centrales électriques, par A. FONTVIELLE et C. FERRÉOL, p. 163. — Revues, analyses et informations : Les phénomènes photoélectriques et leurs applications à la photométrie stellaire, p. 168; Sur l'arc électrique dyssymétrique entre charbons et métaux, p. 168.

Section industrielle. — Le centre radioélectrique de Sainte-Assise, par M. ADAM et G. MALGORN, p. 169. — Les câbles téléphoniques et télégraphiques Paris, Villecresnes, Sainte-Assise, par L. CAHEN, p. 183. — Revues, analyses et informations : La bobine de mise à la terre de Petersen, p. 187; Le radiogoniomètre et son application à la navigation, p. 191; Code de l'éclairage, p. 192.

Section économique et financière. — Importations et exportations françaises de matériel électrique, produits électrométallurgiques et électrochimiques, par Désiré PECTOR, p. 193. — Assemblées générales : Société d'Eclairage et de Force par l'Electricité, à Paris, p. 196.

Section de législation. — Quelques considérations sur la loi du 16 octobre 1919 et des conséquences de cette loi sur le le régime des eaux antérieur, par A. REMAURY, p 197.

Avis à nos lecteurs. — Nous informons nos lecteurs que, dans le but de faciliter l'attribution de vacances pendant la belle saison au personnel de nos bureaux et de notre imprimerie, nos bureaux seront fermés pendant la semaine de l'Assomption, soit du lundi 14 août inclus au samedi 19 août inclus.

Des dispositions ont été prises pour que les numéros des 12, 19 et 26 août soient néanmoins envoyés à nos abonnés à leurs dates normales de publication.

L'excursion de la Chambre syndicale des Forces hydrauliques en Dauphiné et Savoie. — L'excursion annuelle qu'organise la Chambre syndicale des Forces hydrauliques, de l'Electrométallurgie, de l'Electrochimie et des Industries qui s'y rattachent, en vue de faciliter à ses membres la visite des usines nouvelles, s'est déroulée cette année, les 22 et 23 juillet, dans la région du Dauphiné et de la Savoie. Une trentaine de membres de la Chambre syndicale, auxquels sont venues se joindre diverses personnalités des régions traversées, y ont pris part.

Le programme de la journée du samedi 22 juillet comportait : la visite de l'usine de Beaumont-Monteux, près de Valence; celle du laboratoire d'essais que la Société hydrotechnique de France fait construire à Beauvert, près de Grenoble; la visite des ateliers de la maison Neyret-Beylier et Piccard-Pictet, situés également à Beauvert; enfin, la visite des installations hydrauliques et électriques de l'usine Drac-Romanche. Le lendemain dimanche furent visitées : l'usine des Portes du Fier, construite par la Société hydroélectrique de Lyon et mise en service l'an dernier, ainsi que les travaux de construction de l'usine de Chavaroche de la Société des Forces du Fier.

Conformément au programme, les excursionnistes partaient de Valence, dès 7 heures du matin, pour l'usine de Beaumont-Monteux, de la Société l'Energie électrique de la Basse-Isère, dont ils firent une visite détaillée sous la conduite de M. Auric, ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, directeur de la société, et de M. Gariel, directeur général des Ateliers Neyret-Beylier et Piccard-Pictet, fournisseurs du matériel hydraulique. Rappelons que cette importante usine, dont la description a été l'objet de deux articles parus dans les numéros de cette Revue des 27 mai et 3 juin 1922, t. XI, p. 781-790 et 817-829, est prévue pour contenir 7 groupes électrogènes d'une puissance de 5 720 kv-a produisant des courants triphasés à la fréquence de 50 p : s, sous la tension de 5 500 à 6 200 v entre phases; à côté de l'usine est érigé un poste de transformation à l'air libre où la tension est portée à 120 000 v, en vue de la transmission de l'énergie sous cette tension à Saint-Etienne et à Saint-Chamond par une ligne qui a été mise en service il y a quelques semaines (*R. G. E.*, 15 juillet 1922, t. XII, p. 118) et dont une description sera donnée très prochainement dans ces colonnes. Signalons aussi qu'une installation de communications téléphoniques par courants à haute fréquence vient d'être réalisée sur cette ligne, au moyen d'un dispositif imaginé par M. Marius Latour, et qu'au moment où les excursionnistes visitaient l'usine de Beaumont-Monteux des conversations téléphoniques purent être échangées avec le poste de Saint-Etienne, bien que les appareils fussent encore en période de réglage.

Digitized by Google

Après la visite de l'usine, départ pour Grenoble, déjeuner, puis visite des Ateliers Neyret-Beylier et Piccard-Pictet, sous la conduite de M. Gariel, visite du laboratoire d'essais de la Société hydrotechnique de France, sous la conduite du président de cette société, M. Blanchet et, enfin, visite de l'usine hydroélectrique Drac-Romanche, sous la conduite de M. P. Ducrest, directeur de la Société Drac-Romanche.

Le laboratoire d'essais de la Société hydrotechnique de France sera l'objet d'une description détaillée qui paraîtra dans les fascicules consacrés aux travaux de cette société et qui sont annexés à notre Revue. Disons seulement que la construction de ce laboratoire, retardée par divers incidents, en particulier par la pénurie d'énergie électrique qui s'est produite l'an dernier et a empêché le pompage des eaux d'infiltration dans les fouilles, est aujourd'hui très avancée et que l'on envisage l'installation à bref délai du matériel prévu pour faire de ce laboratoire un modèle du genre.

Quant aux Ateliers Neyret-Beylier et Piccard-Pictet, récemment édifiés en vue de la construction du matériel hydraulique de grande puissance, ils sont caractérisés tant par leurs vastes dimensions que par l'application des méthodes les plus modernes dans leur agencement et leur exploitation. Nous aurons bientôt l'occasion de signaler ici quelques particularités du matériel qui y est construit.

L'usine hydroélectrique Drac-Romanche, utilise, ainsi que son nom l'indique, les eaux de la Romanche, le long de laquelle sont, comme on le sait, échelonnées de nombreuses usines électriques dont quelques-unes datent déjà de plus de vingt-cinq ans (Livet, les Vernes, les Roberts, Rioupéroux, les Clavaux, Pierre-Eybesse, Gavet, Séchilienne, Noyer-Chut) et les eaux du Drac, déjà captées en amont par l'usine d'Avignonnet et par l'usine de Champ. Un barrage mixte, situé immédiatement après le confluent des deux rivières, permet de dériver 80 mètres cubes d'eau par seconde dans un canal à ciel ouvert de 750 m de longueur, suivi d'une conduite en ciment armé de 1 450 m de longueur et de 6 m de diamètre intérieure. L'usine, qui a été mise en service il y a quelques mois, contient cinq turbines de 3 000 ch, construites par les Ateliers Neyret-Beylier et Piccard-Pictet, fonctionnant sous une hauteur de chute nette de 17 m et accouplées à des alternateurs fournis par les Ateliers de Constructions électriques de Lyon et du Dauphiné et produisant des courants triphasés à 5 500 v et 50 p : s; ceux-ci sont transmis, sous la tension de 5 500 v, aux Papeteries de Pont-de-Claix (2 000 ch) et à l'usine de la Société du Chlore liquide (6 000 ch); ultérieurement une partie de l'énergie sera transmise, sous la tension de 26 000 v, aux Etablissements Bouchayer et Viallet, de Grenoble. Les aménagements hydrauliques de l'usine présentent des dispositions nouvelles et intéressantes sur lesquelles nous reviendrons.

Le dimanche matin, les excursionnistes quittèrent Grenoble pour se rendre à Rumilly où les attendait un excellent déjeuner, puis à l'usine des Portes du Fier, qu'ils visitèrent sous la conduite de M. Menjou, directeur technique de la Société hydroélectrique de Lyon.

La construction du barrage de cette usine, en travers d'une rivière à régime torrentiel dont le débit varie de 10 à 1 000 et 1 200 m³ : s, présentait des difficultés particulières. Commencés en 1912, suspendus de juillet 1914 à septembre 1917, les travaux du barrage ne purent être achevés qu'au début de 1920 et c'est seulement il y a quelques mois que l'usine fut mise en service. Elle renferme quatre groupes électrogènes formés d'une turbine Neyret-Beylier et Piccard-Pictet de 5 000 ch et d'un alternateur de la Compagnie Electromécanique de 4 000 kw; il y a, en outre, deux groupes d'excitation de 300 ch chacun; l'emplacement est prévu pour l'installation d'un cinquième groupe turbine-alternateur. Les courants sont produits sous la tension de 10 000 v entre phases et sont transmis à Lyon, sous la tension de 75 000 v, par une ligne à six conducteurs, de 170 km de longueur, qui, partant des usines Paul Girod, en Savoie, passe à hauteur de l'usine des Portes du Fier et aboutit à Lyon, au poste de la Mouche, où l'énergie est mise à la disposition de la Compagnie du Gaz de Lyon; une dérivation, établie à Pont de Chéruy, alimente les usines Grammont.

Les excursionnistes se rendirent ensuite aux gorges du Fier où, guidés par M. L. Aussedat, directeur général de la Société des Forces du Fier, ils visitèrent les travaux de l'usine de Chavaroche que fait construire, en amont de la précédente, la Société des Forces du Fier. Ces travaux ont été commencés en 1917, à la demande du ministre de l'Armement, mais ce n'est qu'en 1921 que les chantiers ont reçu leur pleine activité; la mise en service est prévue pour fin 1922. L'usine, enfoncée dans le rocher, comportera quatre groupes électrogènes formés chacun d'une turbine Neyret-Beylier et Piccard-Pictet de 3 000 ch et d'un alternateur de la Compagnie Electromécanique. Les courants, produits sous la tension de 5 000 v, seront élevés aux tensions de 20 000 et 70 000 v pour alimenter les réseaux qu'exploite actuellement la Société des Forces du Fier.

A la suite de cette visite, les excursionnistes partirent à Annecy où eut lieu la dislocation.

On voit que les deux journées consacrées à l'excursion furent des mieux remplies ; à l'intérêt technique que les visites présentaient s'ajoutait l'intérêt touristique d'un voyage au travers d'une région renommée pour ses sites pittoresques. Aussi est-ce avec la promesse de se retrouver l'an prochain que les excursionnistes se séparaient et prenaient congé du président actuel de la Chambre syndicale des Forces hydrauliques, M. Marlio, et de son ancien président, M. Gabriel Cordier.

Légion d'honneur. — Nous apprenons avec plaisir, par la lecture du « Journal officiel » du 1er août, que l'un des membres de notre Comité de Rédaction, M. A. Mahieu, inspecteur général des Ponts et Chaussées, conseiller d'État, secrétaire général du Ministère des Travaux publics, vient d'être élevé à la dignité de Grand Officier de la Légion d'honneur.

Nous sommes certains d'être les interprètes des électriciens, en lui adressant nos sincères félicitations pour cette distinction honorifique.

Bibliographie : Cours d'Electricité générale de l'Ecole navale (t. II), par E Haudié, agrégé des Sciences physiques, professeur à l'Ecole navale (1) — Ce volume termine ce qui est relatif au courant continu, lequel a fait l'objet du premier tome; l'auteur y étudie successivement les circuits magnétiques et les électroaimants, puis l'induction électromagnétique; il aborde ensuite l'étude des dynamos à courant continu et termine par celle des moteurs. Les schémas, nombreux et clairs, sont surtout précieux pour l'exposé des bobinages et celui des montages de dynamos et de moteurs; l'auteur a également utilisé avec avantage la méthode graphique dans l'étude des couplages de dynamos, celle des rhéostats de démarrage et celle de la variation de vitesse des moteurs.

Le tome III, qui terminera cet ouvrage, sera réservé à l'électrostatique et aux courants alternatifs, suivant le plan de l'auteur, déjà exposé dans une précédente analyse (2). — B. E.

(1) Un volume broché, format 15 cm × 25 cm, 186 pages, 197 figures, édité par A. Chalamel, 17, rue Jacob, Paris (VIe). Prix : broché, 20 fr.

(2) *R. G. E.*, 24 juin 1922, t. XI, p. 914.

Digitized by Google

SECTION SCIENTIFIQUE & TECHNIQUE

Marche en parallèle des centrales électriques

Dans les grands réseaux de distribution, les différentes centrales, hydrauliques ou thermiques, sont souvent fort éloignées les unes des autres et fonctionnent sous des charges variables avec les saisons et les conditions particulières de leurs contrats de vente d'énergie. Il en résulte des pertes en ligne considérables, qu'il importe de réduire. Dans cet article, les auteurs étudient une méthode générale de répartition des diverses puissances wattées et dewattées qui permet d'obtenir le minimum de pertes.

I. **Exposé du problème.** — Dans un grand nombre de réseaux de distribution, on peut déterminer une région dans laquelle la puissance consommée est une fraction très importante de la puissance totale fournie, et où le nombre de lignes de distribution en parallèle, reliant les sous-stations de transformation, est assez grand pour que la résistance totale de ces lignes soit négligeable. Désignons par C (fig. 1) le centre d'utilisation; par A_1, A_2, A_3, les usines génératrices reliées au centre C par des lignes de résistances respectives R_1, R_2, R_3.

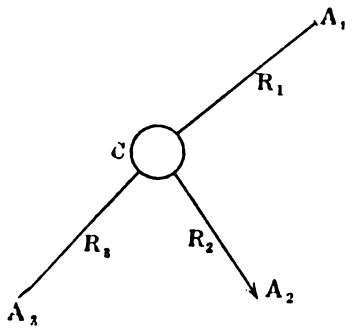


Fig. 1.

La puissance totale fournie par ces usines est prévue, approximativement, par les graphiques de puissance du réseau, graphiques qui permettent de répartir la charge, durant le cours de la journée, entre les usines, suivant leurs capacités de production.

Il est tenu compte dans cette répartition des divers facteurs d'amélioration du rendement, par exemple: marche à pleine charge des unités génératrices, constitution de réserves d'eau dans les réservoirs dans le but de passer la pointe d'éclairage, ainsi que des disponibilités variables avec le régime des cours d'eau alimentant les usines hydrauliques et des conditions particulières des contrats saisonniers d'achat d'énergie.

Le problème qui se pose est donc le suivant: répartir entre les usines une puissance wattée P_w et une puissance dewattée P_{dw} suivant les disponibilités et de telle sorte que la perte en ligne soit minimum.

II. **Représentation graphique des puissances wattées et dewattées.** — Les transmissions d'énergie étant à une tension sensiblement constante, que nous supposerons, en premier lieu, la même pour toutes les lignes, il est possible de représenter graphiquement ces puissances wattées P_w et dewattées P_{dw} par un triangle rectangle ABC dont l'hypoténuse AC est la puissance apparente du réseau (fig. 2).

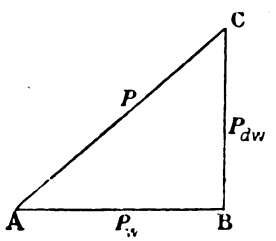


Fig. 2.

III. **Production de la puissance dewattée à l'aide de moteurs synchrones.** — Une solution élégante du problème consiste à fournir la puissance dewatté à l'aide de moteurs synchrones surexcités, placés dans les sous-stations du centre d'utilisation. Ce procédé présente le grave inconvénient d'immobiliser un capital élevé.

Bien que cette solution soit la plus satisfaisante au point de vue du réglage de la tension, on est conduit le plus souvent à produire la puissance dewattée au moyen des usines elles-mêmes, en utilisant principalement celles dont la charge wattée est faible, usines thermiques (lorsque la puissance fournie par les usines hydrauliques est suffisante) ou usines hydrauliques dont les cours d'eau sont en période d'étiage.

Les alternateurs de ces usines peuvent fonctionner soit en moteurs synchrones (on coupe l'admission après l'accrochage), soit en génératrices surexcitées.

Digitized by Google

Dans ce dernier cas, la vanne principale est réglée de façon à ce que le débit du fluide, et, par suite, la puissance wattée ne dépasse pas une limite donnée, le courant d'excitation étant augmenté jusqu'à ce que l'alternateur débite son courant maximum à la tension du réseau. Le fonctionnement de cette machine présente les caractéristiques réunies du moteur synchrone surexcité et de la génératrice. Le diagramme élémentaire, tracé dans l'hypothèse où la résistance ohmique de l'induit est négligeable et où le coefficient de self-induction de l'alternateur est constant, donne le triangle OAB dans lequel (fig. 3)

$$OA = U,$$
$$AB = L\omega I,$$
$$OB = E,$$

U étant la tension aux bornes ; E, la force électromotrice efficace de l'alternateur, laquelle est fonction du courant d'excitation ; $\varphi = AOI$, le déphasage de la tension aux bornes par rapport à l'intensité I. Elevons en A la normale AX à OA ; le coefficient L étant constant, le vecteur AB représente, par un changement d'échelle, l'intensité I.

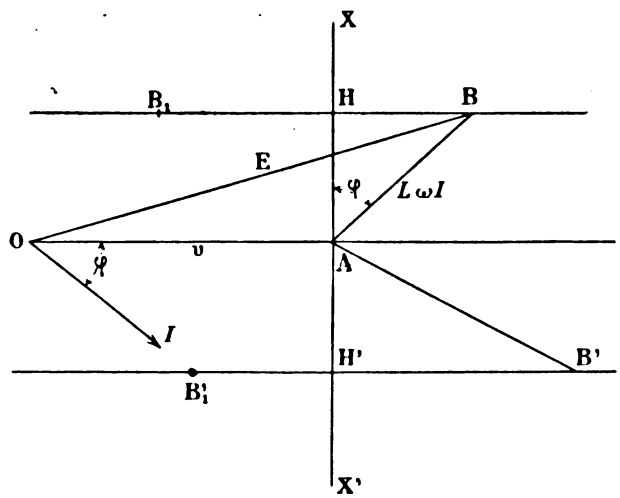


Fig. 3.

Menons par B la normale BHB$_1$ à AX. On a

$$AH = I\cos\varphi,$$
$$\widehat{BAX} = \varphi,$$
$$HB = I\sin\varphi.$$

La tension U étant constante, le vecteur AH est proportionnel à la puissance wattée et le vecteur BH, à la puissance déwattée.

La puissance wattée étant constante puisque le débit du fluide est limité, le point B se déplace sur la normale BH, la puissance déwattée BH augmentant avec la force électromotrice E. Si le point B passe sur la demi-normale HB$_1$, la machine fonctionne alors en génératrice sous-excitée.

Le même diagramme permet de représenter la marche en moteur synchrone. Les puissances wattées étant empruntées aux réseaux seront considérées comme négatives ; on les portera dans le sens AX' opposé à AX

$$P = AH'.$$

Le lieu de l'extrémité du vecteur force électromotrice est, à puissance constante, la normale B'B'$_1$, la demi-normale H'B' pour la marche en moteur synchrone surexcité et la demi-normale H'B'$_1$ pour la marche en moteur synchrone sous-excité.

On retrouve, sous cette forme, le diagramme de M. Blondel pour les moteurs synchrones. Les centres des cercles d'égale puissance sont rejetés à l'infini parce que, en vertu de notre hypothèse initiale, nous avons négligé la résistance de l'induit. Les lignes d'égale puissance sont donc les droites parallèles telles que BB$_1$ B'B'$_1$

Dans la marche en génératrice surexcitée, la fréquence est maintenue à la fois par le réseau et par le régulateur d'admission agissant sur les tuyères des turbines, ce qui supprime tout danger d'emballement en cas de déclanchement du réseau.

Si la marche en moteur synchrone des groupes turbo-alternateurs peut soulever des objections du fait que la turbine est le siège d'un certain déséquilibre provenant de la suppression de la poussée suivant l'arbre, poussée due aux réactions (au sens propre) de l'aubage, par contre, la marche en génératrice surexcitée ne comporte aucun danger pour les ailettes des turbines, l'action du fluide assurant la stabilité de la marche.

IV. Production de la puissance déwattée par les usines ne donnant qu'une faible part de la puissance wattée consommée. — La puissance installée dans les différentes usines d'un réseau est, en général, bien supérieure (200 à 300 pour 100) à la puissance apparente maximum. Il est donc possible de se passer de moteurs synchrones et de fournir la puissance déwattée par les usines ne donnant qu'une faible part de la puissance wattée.

Il peut paraître illogique, et d'un mauvais rendement, de mettre en marche une usine située à 50 ou 60 km du centre d'utilisation, et de faire circuler dans la ligne un courant déwatté important, dans le simple but d'obtenir les kilovolts-ampères demandés par le réseau. Il n'en est rien, comme il le sera démontré plus loin.

A. Cas de deux usines en parallèle. — Considérons, en premier lieu, le cas de deux usines seulement. Soient P_1 et P_2 les puissances apparentes des usines (I) et (II), p_1, p_2, d_1, d_2 les composantes wattées et déwattées correspondantes (fig. 4). La perte en ligne est

$$\varpi = R_1 I_1^2 + R_2 I_2^2,$$

Digitized by Google

où R_1 et R_2 désignent la somme des résistances des lignes et des résistances, rapportées aux circuits haute tension, des tranformateurs au départ et à l'arrivée.

Les puissances apparentes étant proportionnelles aux

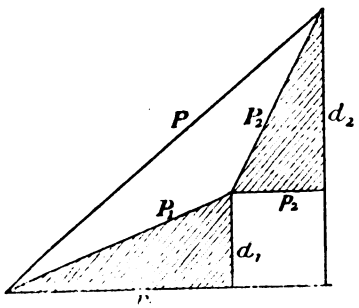


Fig. 4.

intensités efficaces, puisque la tension efficace est supposée constante et égale à U pour ces deux lignes, on a

$$\varpi = k\,(R_1 P_1^2 + R_2 P_2^2); \qquad (1)$$

or

$$P_1^2 = p_1^2 + d_1^2,$$
$$P_2^2 = p_2^2 + d_2^2;$$

en portant ces valeurs dans l'équation (1), on a

$$\varpi = k\,[R_1 \times (p_1^2 + d_1^2) + R_2\,(p_2^2 + d_2^2)] \qquad (2)$$

Nous supposons constants la puissance et le facteur de puissance du centre d'utilisation, donc

$$p_1 + p_2 = P_w,$$
$$d_1 + d_2 = P_{dw}.$$

Des quatre variables p_1, p_2, d_1, d_2, deux seules sont indépendantes.

Posons

$$p_1 = x, \qquad d_1 = y.$$

En portant ces valeurs dans l'équation (2), on a

$$\varpi = k[R_1 x^2 + R_1 y^2 + R_2 (P_w - x)^2 + R_2 (P_{d\varphi} - y)^2] \qquad (3)$$

La fonction ϖ des variables x et y passe par un minimum pour les valeurs qui annulent simultanément les dérivées $\frac{\partial \varpi}{\partial x}$ et $\frac{\partial \varpi}{\partial y}$. Les conditions de la transmission avec perte minimum sont donc

$$R_1 x - R_2 P_w + R_2 x = 0,$$
$$R_1 y - R_2 P_{dw} + R_2 y = 0;$$

d'où

$$x = \frac{R_2 P_w}{R_1 + R_2} \qquad y = \frac{R_2 P_{dw}}{R_1 + R_2} \qquad (4)$$

Il n'existe donc, à ce point de vue, qu'un seul régime optimum. Le minimum minimorum des pertes en ligne est

$$\varpi_0 = k\,\frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}\,(P_w^2 + P_{dw}^2)$$
$$= k\,\frac{P_w^2 + P_{dw}^2}{g_1 + g_2},$$

en appelant g_1 et g_2 les conductances des lignes. Or on a, en désignant par I le courant efficace total et par P la puissance apparente totale,

$$I^2 = I_1^2 + I_2^2 = kP^2 = k\,(P_w^2 + P_{dw}^2) = k\,I^2\,U^2;$$

par suite

$$\varpi_0 = \frac{I^2}{g_1 + g_2}.$$

Représentation graphique. — Prenons comme coordonnées ϖ et d_1 et comme paramètre variable la puissance wattée p_1 de l'usine I (fig. 5).

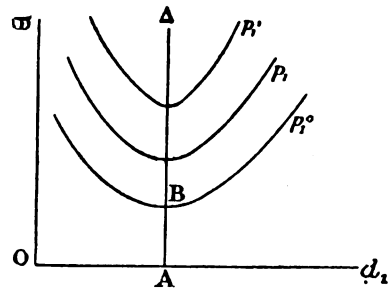


Fig. 5.

L'équation (3) représente une famille de paraboles ayant pour axe la droite Δ d'équation

$$d_1 = \frac{R_2 P_{dw}}{R_1 + R_2};$$

la parabole tracée avec le paramètre

$$p_1^0 = \frac{R_2 P_w}{R_1 + R_2},$$

coupe Δ au point B minimum minimorum de ϖ.

Suivant la répartition des puissances wattées entre les usines, le point figuratif sera situé sur la parabole correspondant à la charge p_1 de l'usine I quelle que soit cette charge wattée : il est extrêmement important de remarquer que les pertes en ligne passent par un minimum pour une valeur constante

$$d_1^0 = \frac{R_2 P_{dw}}{R_1 + R_2},$$

de la puissance déwattée de l'usine I.

Digitized by Google

Il est donc possible de répartir les puissances déwattées indépendamment des charges des usines pour chacune des valeurs de la puissance apparente du réseau.

En particulier, si la puissance p_1 de l'usine I s'annule, il reste cependant avantageux de continuer à faire fournir par cette usine une parrtie d^0_1 de la puissance déwattée nécessaire au réseau.

Remarque I. — Dans le cas où les deux lignes de transmission fonctionnent à des tensions différentes U_1 et U_2, les pertes en ligne

$$\varpi = R_1 I_1^2 + R_2 I_2^2$$

peuvent se mettre sous la forme

$$\varpi = \frac{1}{U_1^2}\left[R_1 P_1^2 + R_2 \left(\frac{U_1}{U_2}\right)^2 P_2\right];$$

le cas se ramène au problème étudié en posant

$$R'_2 = R_2 \left(\frac{U_1}{U_2}\right)^2.$$

Remarque II. — Il n'a pas été tenu compte directement des puissances déwattées constantes mises en jeu par la capacité des lignes

$$d'_1 = C_1 \omega U^2,$$

ni des puissances variables déwattées absorbées par la self-induction des lignes

$$d''_1 = L_1 \omega I_1^2.$$

Ces puissances peuvent être englobées dans la puissance déwattée P_{dw} absorbée par le réseau et dont on peut connaître approximativement le graphique journalier.

Remarque III. — Le facteur de puissance de la ligne de transmission au départ de l'usine I est donné par

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{d_1^0}{p_1}.$$

Graphiquement, si on porte les puissances wattées, en abscisses et les puissances déwattées, en ordonnées, l'extrémité A du vecteur représentant la puissance apparente $P = \sqrt{d_1^2 + p_1^2}$ se déplace sur la parallèle Δ_1 à Op_1 menée par le point d'ordonnée $d_1^0 = \frac{P_{dw} R_2}{R_1 + R_2}$ (fig. 6).

Pour chaque valeur de p_1, l'angle du vecteur OA avec l'axe Op_1 donne le déphasage de la ligne.

La condition de perte minimum en ligne, résolue par le procédé indiqué plus haut, présente dans certains cas un inconvénient que rend visible cette représentation graphique du facteur de puissance. Le cosinus de la transmission d'énergie est dans ces cas meilleur que si l'usine I devait fournir avec la charge wattée p_1 la puissance déwattée, supérieure à d_1^0, réclamée par le réseau, mais il sera toujours sensiblement inférieur à l'unité.

Au contraire, l'emploi de moteurs synchrones au point d'utilisation permet d'obtenir un cosinus voisin de l'unité, d'où amélioration du rendement de la ligne

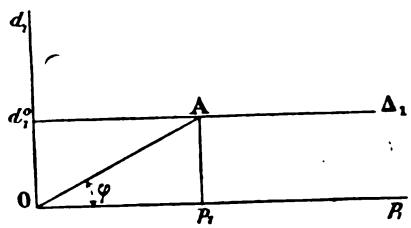


Fig. 6.

et surtout augmentation de la capacité de transmission. Ce dernier point est particulièrement important pour l'interconnexion des réseaux, car bien souvent les transmissions d'excédents d'énergie hydraulique vers les centres alimentés normalement à la vapeur sont limitées par les sections insuffisantes des conducteurs. Dans ces cas, il peut être beaucoup plus économique d'admettre des pertes totales en ligne plus élevées en utilisant au maximum l'énergie d'origine hydraulique, les lignes de transmission intéressées transportant uniquement la charge wattée, le complément de déwatté étant fourni soit par les moteurs synchrones, si on en possède, soit par les autres centrales du réseau.

B. Cas d'un nombre quelconque d'usines en parallèle. — On passe facilement du cas de deux usines au cas d'un nombre quelconque d'usines en parallèle (fig. 7).

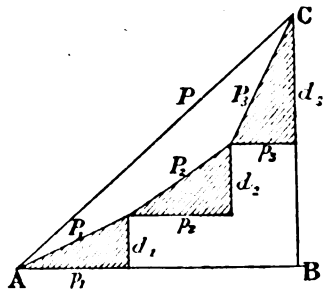


Fig. 7.

L'expression des pertes en ligne est

$$\varpi = R_1 I_1^2 + R_2 I_2^2 + R_3 I_3^2,$$

ou, en fonction des puissances apparentes,

$$\varpi = k\,(R_1 P_1^2 + R_2 P_2^2 + R_3 P_3^2 \ldots\ldots)$$

et, en introduisant les puissances wattées et déwattées,

$$\varpi = k\,[R_1 p_1^2 + R_2 p_2^2 + R_3 p_3^2 + \ldots\ldots$$
$$+ k\,R_1 d_1^2 + R_2 d_2^2 + R_3 d_3^2 + \ldots\ldots],$$

Digitized by Google

avec les conditions

$$p_1 + p_2 + p_3 + \ldots\ldots = \text{C}^{te} = P_w,$$
$$d_1 + d_2 + d_3 + \ldots\ldots = \text{C}^{te} = P_{dw}.$$

Considérons p_1 et d_1 comme variables indépendantes; p_2 et d_2, comme paramètres, p_3, d_3, etc., étant constants. On est ramené au cas de deux usines. La condition du minimum est

$$\frac{p_1}{p_2} = \frac{r_2}{r_1} \qquad \frac{d_1}{d_2} = \frac{r_2}{r_1}$$

et se déduit de (4), en y remplaçant P_w et P_{wd} par $p_1 + p_2$ et $d_1 + d_2$.

En choisissant p_3 et d_3 comme paramètres, on a

$$\frac{p_1}{p_3} = \frac{r_3}{r_1} \qquad \frac{d_1}{d_3} = \frac{r_3}{r_1}.$$

Le minimum minimorum a lieu lorsque les relations

$$\frac{p_1}{p_2} = \frac{r_2}{r_1}, \quad \frac{p_1}{p_3} = \frac{r_3}{r_1}, \quad \frac{p_1}{p_4} = \frac{r_4}{r_1}, \quad \text{etc.},$$

$$\frac{d_1}{d_2} = \frac{r_2}{r_1}, \quad \frac{d_1}{d_3} = \frac{r_3}{r_1}, \quad \frac{d_1}{d_4} = \frac{r_4}{r_1}, \quad \text{etc.},$$

sont vérifiées simultanément. On en déduit les valeurs de

$$p_1, p_2, \quad d_1, d_2.$$

On a, en effet,

$$p_1 = p_1,$$
$$p_2 = p_1 \times \frac{r_1}{r_2},$$
$$p_3 = p_1 \times \frac{r_1}{r_3},$$
$$p_4 = p_1 \times \frac{r_1}{r^4};$$

en additionnant membre à membre

$$p_1+p_2+p_3+\ldots p_n = P_w = p_1\left(1 + \frac{r_1}{r_2}+\frac{r_1}{r_3}+\frac{r_1}{r_4}\ldots+\frac{r_1}{r_n}\right);$$

d'où

$$p_1 = \frac{P_w}{1 + \frac{r_1}{r_2} + \frac{r_1}{r_3} + \frac{r_1}{r_4} + \ldots\ldots \frac{r_1}{r_n}};$$

de même

$$d_1 = \frac{P_{dw}}{1 + \frac{r_1}{r_2} + \frac{r_1}{r_3} + \frac{r_1}{r_4} + \ldots\ldots \frac{r_1}{r_n}}.$$

Il existe donc un régime unique optimum pour les répartitions des puissanees wattées et des puissances déwattées, quelles que soient les charges wattées fournies par les usines suivant leurs disponibilités respectives; il y aura avantage, au point de vue rendement, à faire fournir aux différentes centrales des puissances déwattées constantes, déterminées par les relations précédentes.

Si le réseau comporte plusieurs nœuds importants de distribution, chacun des centres sera calculé séparément; les lignes réunissant les centres seront considérées comme transmettant les puissances du centre disposant d'excédents vers les centres qui utilisent ces excédents.

Les centres de distribution importants possèdent, en général, des usines thermiques de secours. On a sensiblement pour ces usines $r_n = 0$, d'où $d_n = P_{dw}$.

Il est évidemment beaucoup plus avantageux de concentrer les moyens de production de la puissance déwattée dans les centres d'utilisation.

Il en est de même pour la puissance wattée, aussi l'éventualité du transport de puissance déwattée sur de grandes distances dépend surtout des facteurs économiques au même titre que le transport de la puissance wattée.

Comme nous l'avons dit, le procédé par moteurs synchrones est coûteux. En effet, le facteur de puissance d'un réseau à pleine charge est très souvent voisin de 0,7 et comme la puissance déwattée est sensiblement

$$P_{dw} = P_w \times \text{tg}\,\varphi \simeq P_w,$$

l'installation de moteurs synchrones, dont la puissance totale en kilovolts-ampères égale le nombre de kilowatts absorbés par le réseau, immobilise un capital très important en matériel très mal utilisé au point de vue du nombre d'heures annuel de fonctionnement; ce matériel est, de plus, sujet à de nombreux accidents de marche, claquages de bobines, court-circuits, etc...

Dans un grand nombre de cas, il serait moins coûteux, comme frais d'établissement et surtout comme frais d'entretien et d'amortissement, d'adopter pour les lignes des sections de conducteurs plus élevées, au lieu de faire usage de moteurs synchrones.

Ces considérations de prix de revient, jointes aux conditions imposées par le réglage de la tension, fourniront tous les éléments de la discussion sur le choix entre les moteurs synchrones et le système exposé.

A. Fontvielle et C. Ferréol,
Ingénieurs. I. E. G.

Digitized by Google

Revues, analyses et informations

Les phénomènes photoélectriques et leurs applications à la photométrie stellaire.

Tel est le titre d'une communication de M G. Rougier faite le 19 mai 1922 à la Section de Strasbourg de la Société française de Physique et dont nous donnons ci-dessous le résumé :

Comme on le sait, on peut, en utilisant une pile photoélectrique, réaliser un photomètre impersonnel d'une grande précision. L'emploi des piles formées de métaux alcalins permet d'atteindre une sensibilité suffisante pour qu'on puisse les utiliser en photométrie stellaire, et déjà quelques astronomes ont obtenu des résultats intéressants.

On doit recourir aux métaux alcalins parce qu'ils sont les seuls à fournir un effet photoélectrique sensible dans la partie visible du spectre, en particulier à cause de l'effet photoélectrique sélectif que ne présentent pas les autres métaux. Il faut, pour que l'effet sélectif se fasse sentir, que le vecteur électromagnétique ait une composante perpendiculaire à la surface du métal illuminé Quoique dans les piles photoélectriques utilisées en photométrie la lumière tombe presque normalement sur le métal, sa structure grenue permet d'utiliser dans une certaine mesure l'effet sélectif. On augmente l'absorption et, par suite, la sensibilité de la pile en soumettant le métal à une décharge électrique dans l'hydrogène sous une pression de quelques dixièmes de millimètre. On amplifie le courant photoélectrique par l'ionisation par chocs dans un gaz neutre : hélium, argon ou néon sous pression convenable (de l'ordre du millimètre).

Une pile photoélectrique au potassium, destinée à la photométrie stellaire, a été préparée de cette manière. Un anneau en fil de platine constitue l'anode, des anneaux de garde intérieurs et extérieurs permettent de réduire au minimum le courant d'obscurité. Le photomètre, qu'on peut monter à volonté sur l'un ou l'autre des équatoriaux (162 mm et 487 mm d'ouverture) de l'Observatoire de Strasbourg, est muni d'un électromètre à corde.

Les mesures faites au laboratoire avec un électromètre à quadrants et un quartz de Curie montrent qu'aux erreurs de mesures près, le courant photoélectrique de cette pile est proportionnel à l'intensité lumineuse. Cette vérification était nécessaire, car une pile défectueuse peut s'écarter notablement de la loi de proportionnalité. Ces expériences prouvent aussi qu'il sera possible, avec l'objectif de 162 mm, de mesurer les magnitudes des étoiles des trois premières grandeurs à 1/100e près.

Comme le maximum de l'effet sélectif a lieu pour des longueurs d'onde différentes d'un métal alcalin à l'autre, la méthode se prête à la mesure des indices de couleur : $m_K - m_{cs}$: m_K étant la magnitude d'une étoile mesurée avec une pile à l'hydrure de potassium ($\lambda_m = 456$), m_{cs} la magnitude mesurée avec une pile à l'hydrure de césium ($\lambda_m = 540$), le résultat permet de déterminer la température effective de l'étoile.

La méthode photoélectrique serait particulièrement indiquée pour élucider la question de la dispersion du vide. En observant pour deux longueurs d'onde différentes les minima de variables à éclipses, dont la parallaxe est connue, on devrait observer un retard du minimum de courte longueur d'onde qui devrait être proportionnel à la distance des étoiles.

Si l'on peut augmenter suffisamment la sensibilité des piles et des méthodes de mesure, la détermination de l'éclat global des astres faibles, comètes et nébuleuses, deviendra possible.

Sur l'arc électrique dyssymétrique entre charbons et métaux.

Dans la « R. G. E. » du 22 juillet 1922, p. 91, a été reproduite une note de MM. L. Dunoyer et P. Toulon sur la polarité de l'arc électrique.

Dans une note récente, présentée à la séance du 3 juillet 1922 de l'Académie des Sciences, M. André Blondel ajoute quelques remarques complémentaires au sujet du phénomène de l'arc entre charbon et métal; nous la reproduisons ci-dessous.

J'ai signalé dès 1901, dans un autre recueil (1), que le rallumage de l'arc ne peut se faire que si la cathode est assez chaude pour permettre un amorçage sur cette cathode. J'appelais alors ce phénomène d'amorçage « une petite étincelle jaillissant de la cathode et se propageant jusqu'à l'anode » ; dans la terminologie actuelle, on parle plutôt d'ionisation de la cathode, mais ce n'est qu'un changement de mot, et en réalité, il s'agit toujours de l'émission d'électrons par un corps à l'incandescence (2). J'en ai conclu à l'impossibilité de rallumer un arc dont la cathode reste froide. Cette conclusion a été vérifiée depuis lors par de nombreux auteurs, notamment en faisant tourner une cathode en charbon ; lorsque la rotation est assez rapide pour que le charbon n'atteigne pas l'incandescence, l'arc s'éteint et ne se rallume pas.

Dans ces conditions, l'arc Garbarini présente une apparence paradoxale, puisque la cathode est formée par un métal constamment refroidi. MM. Dunoyer et Toulon attribuent la possibilité d'entretien de l'arc dans ces conditions au fait que la température du point de jaillissement sur le métal serait une température bien supérieure à celle de l'ensemble de l'anneau refroidi. Mais on peut objecter que, par suite de la rotation rapide de l'arc Garbarini, jamais le point de la cathode n'a le temps d'atteindre une température d'incandescence ; il faut donc chercher ailleurs l'explication du phénomène. Elle peut être trouvée dans le fait qu'une partie du carbone vaporisé par l'anode en charbon se dépose constamment en couche très mince sur l'anode refroidie, c'est donc en réalité sur une cathode de charbons extrêmement mince, qui peut atteindre facilement l'incandescence bien que le support soit refroidi, que doit jaillir l'arc.

Ce phénomène paraît différent de celui du redresseur à mercure, dont la cathode reste sensiblement fixe.

(1) *Revue générale des Sciences*, 30 juillet 1901, p. 666.

(2) C'est pourquoi mes anciennes expériences et l'explication que j'en ai donnée constituent une antériorité certaine par rapport aux publications faites ultérieurement sur le même sujet par le physicien allemand Stark, à qui l'on attribue ordinairement, à tort, la découverte de la nécessité de l'ionisation de la cathode.

Digitized by Google

SECTION INDUSTRIELLE

Le centre radioélectrique de Sainte-Assise

Jusqu'à présent, la France ne possédait aucune installation radiotélégraphique capable d'assurer des communications suivies avec les différents postes répartis sur l'ensemble de la terre. La station de Lafayette, une des plus importantes après la station de Sainte-Assise, décrite ci-dessous, ne suffisait pas, en effet, pour correspondre avec l'Amérique du Sud, en raison de la trop grande distance à franchir. La station de Sainte-Assise sera donc la plus puissante de France et même, pour l'heure présente, du monde entier. Comme, d'autre part, le nombre des communications à moyenne distance devient de plus en plus important, on a jugé utile d'édifier deux postes, de puissance différente et proportionnée à la distance à franchir. Le moins puissant, appelé Station continentale et qui fonctionne depuis plus d'un an, a pour objet d'assurer la liaison entre la France et tous les postes situés dans un rayon de 3 500 km. La Station transcontinentale, qui sera achevée prochainement, pourra entrer en relation avec l'Amérique du Nord, l'Amérique du Sud, l'Afrique du Sud, les Indes et l'Extrême-Orient. Il est bon de faire remarquer que la station de réception a été reportée à Villecresne, à une assez grande distance des postes d'émission. Une des particularités intéressantes de l'installation générale est que la réception et la transmission sont effectuées directement dans un bureau central situé à Paris, ce bureau étant relié aux centres d'émission et au centre de réception par deux câbles à conducteurs multiples. La disposition de ce câble fait d'ailleurs l'objet d'un article spécial publié p. 183.

Le voyageur qui emprunte la voie ferrée de la Bourgogne ne manque pas d'observer, au-dessus des bois qui séparent Cesson de Melun (fig. 1), des alignements imposants de pylônes métalliques très élevés, dont l'esthétique inaccoutumée surprend le regard. Ces pylônes révèlent la proximité du centre d'émission radiotélégraphique très puissant, dont la construction est actuellement en cours d'achèvement dans le domaine de Sainte-Assise.

Située sur les rives de la Seine entre Corbeil et Melun (fig. 2) à plus de 40 km de Paris, la station de Sainte-Assise est destinée à assurer directement la liaison radiotélégraphique d'une grande partie de l'Europe occidentale et centrale avec les autres continents : Amérique du Nord et du Sud, Extrême-Orient, etc...

I. **Le rôle du centre radioélectrique.** — Depuis plusieurs années déjà, il apparaissait manifestement que les communications électriques à longue distance établies entre les différents points du globe étaient tout à fait insuffisantes pour écouler le trafic intense dû au développement des relations mondiales. L'accroissement de l'activité économique de la rapidité des transports exige, comme contre-partie, l'existence d'un réseau de communications électriques en rapport avec le développement constant des besoins.

Or, jusqu'à ces dernières années, toutes les communications mondiales à grande distance étaient obligatoirement acheminées par les réseaux de câbles télégraphiques sous-marins. On sait que ces câbles, qui travaillent toujours à pleine charge, sont très loin de répondre aux besoins actuels. D'une part, ils ne se prêtent pas à l'emploi de grandes vitesses de transmission et n'ont, de ce chef, qu'un débit assez limité ; d'autre part, chacun de ces câbles représente un capital considérable et l'on ne peut guère songer actuellement à en augmenter le nombre La conséquence inéluctable de cet état de choses est le retard inadmissible qui est apporté souvent à la transmission des télégrammes.

Les perfectionnements importants réalisés depuis quelques années en télégraphie sans fil ont fait de ce procédé l'instrument par excellence des communications internationales. Toutes les grandes nations utilisent déjà ou envisagent l'utilisation à bref délai des liaisons radioélectriques transcontinentales, concurremment avec celle des câbles.

La Grande-Bretagne est reliée depuis plusieurs années déjà à l'Amérique du Nord, aux Pays scandinaves et à l'Europe occidentale. D'autre part, le réseau colonial britannique, connu sous le nom d'« Imperial Wireless Chain », a reçu un commencement d'exécution ; les stations de Leafield et du Caire, premiers éléments du réseau, sont achevées.

Aux Etats-Unis, la Radio Corporation of America utilise six grandes stations qui assurent les liaisons transatlantiques et transpacifiques.

En Allemagne, enfin, la Compagnie Telefunken assure également des liaisons continentales et transatlantiques au moyen des stations de Königswusterhausen, d'Eilvese et de Nauen.

En France, le réseau radiotélégraphique de la métropole a pris, pendant la guerre, un essor exceptionnel. La station de la Tour Eiffel (puissance 50 kw) existait seule au début des hostilités; elle continue à assurer la correspondance diplomatique et militaire en Europe, ainsi que les émissions d'intérêt général et scientifique, signaux horaires, télégrammes météorologiques, etc.

Digitized by Google

Dès les premiers mois de la guerre fut édifiée la station de la Doua, à Lyon (puissance 150 kw), qui reste affectée à certains services scientifiques ainsi qu'aux liaisons entre la France et ses possessions africaines (Afrique du Nord, Afrique occidentale et Afrique équatoriale française). Dans le courant de l'année 1917 les services de la Marine firent construire la station de Basse-Lande, près de Nantes (puissance 100 kw), pour les transmissions destinées aux navires en mer en ce qui concerne les avis aux navigateurs, les signaux scientifiques et les messages officiels. Depuis les hostilités, la station continue à effectuer ce trafic, qui absorbe presque entièrement sa capacité. Une quatrième grande station fut enfin achevée dans les derniers mois de l'année 1920 : la station Lafayette, à la Croix-d'Hins, près de Bordeaux (puissance 500 kw), édifiée en vue d'assurer un service permanent avec l'Amérique. En fait, si cette station permet à la France de rester en liaison constante avec les Etats-Unis, le Canada et l'Amérique centrale, sa puissance est néanmoins insuffisante pour que ses messages soient régulièrement reçus en Amérique du Sud. Cette station, conçue pour remplir un rôle millitaire, sera facilement adaptée à un trafic commercial intense, lorsqu'elle sera pourvue d'alternateurs à haute fréquence. En ce qui concerne le réseau intercolonial français, plusieurs des grandes stations

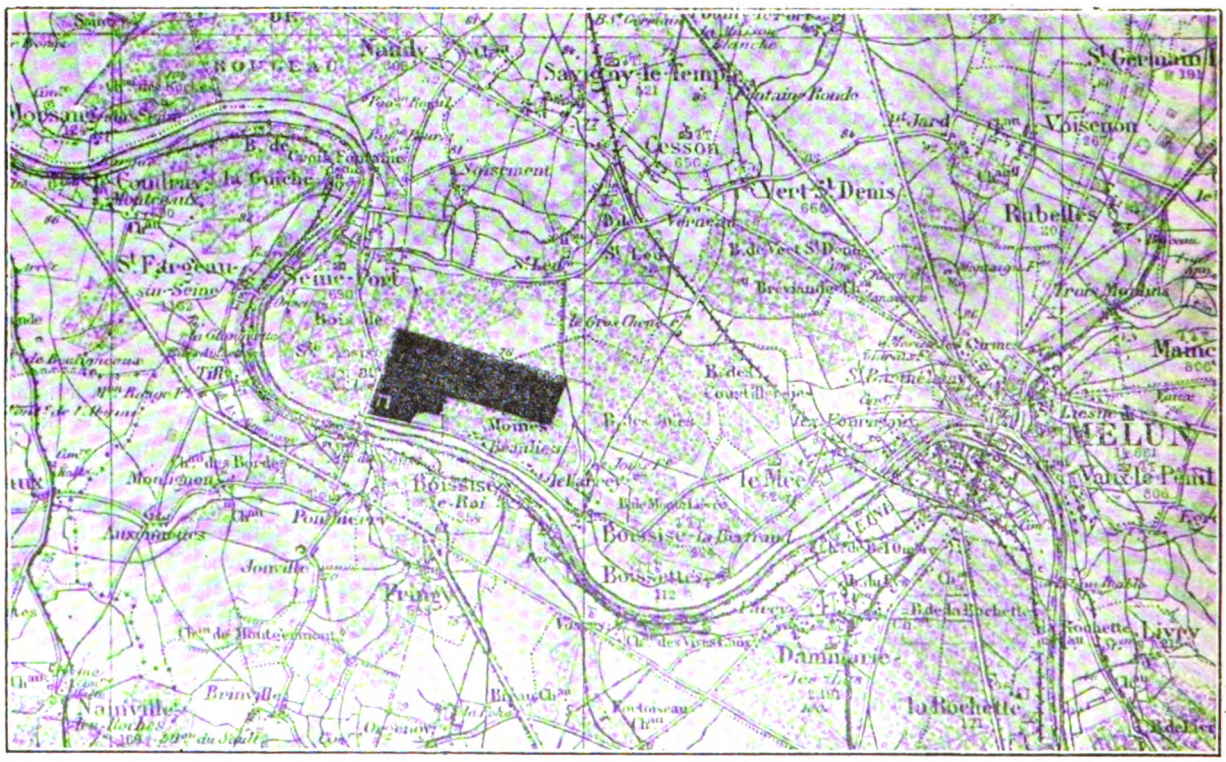


Fig. 1. — Carte indiquant la situation du centre de Sainte-Assise.

qu'il comporte sont actuellement en construction à Bamako (Haut Sénégal), Brazzaville (Congo), Tananarive (Madagascar) et Saïgon (Cochinchine).

Tel était en 1920, l'état des communications radiotélégraphiques en France. Aucune des quatre stations métropolitaines (Tour Eiffel, Lyon, Nantes, Bordeaux) que nous venons d'énumérer, n'était susceptible d'assurer un service commercial intense, soit faute d'être assez largement conçue, soit par suite d'un horaire déjà chargé ; le trafic des dépêches françaises était acheminé pour la plus grande partie par les câbles étrangers et la France, qui avait vu naître et prospérer la télégraphie sans fil, se voyait également devancée par les nations étrangères sous le rapport de son application aux services publics. Aussi les services compétents décidèrent-ils, vers la fin de l'année 1920, la création d'un centre radioélectrique de grande puissance, situé à proximité de Paris. Aux termes de la convention du 29 octobre 1920, l'Etat a chargé de la construction et de l'exploitation de ce centre, la Compagnie générale de Télégraphie sans fil. Celle-ci a créé une filiale, la Compagnie Radio France, qui a pour objet d'assurer l'exécution de cette convention.

Pendant l'année 1921 un vaste programme de communications internationales a été élaboré par les quatre grandes compagnies mondiales de télégraphie sans fil et leurs filiales. Toute idée de rivalité a été écartée et les efforts de ces compagnies tendent à réaliser l'unification des liaisons radioélectriques universelles, qui pourront ainsi bénéficier des perfectionne-

Digitized by Google

ments techniques les plus modernes et seront assurées économiquement au moyen de services rapides. De plus, notre pays acquiert de la sorte une autonomie qu'il n'avait jamais eue sous le rapport des communications, puisqu'il va être doté d'un réseau national de télégraphie sans fil. Le public appréciera particulièrement les bienfaits de la situation nouvelle, qui se traduiront immédiatement par l'abaissement des taxes et par l'accélération du trafic.

II. **Les moyens mis en œuvre.** — Le centre radioélectrique français est pourvu du matériel d'émission et de réception le plus moderne. Les machines utilisées comme génératrices sont des alternateurs à haute fréquence, dont la supériorité sur les autres générateurs est universellement reconnue, surtout lorsqu'il s'agit de stations à grande portée. D'autre part, pour les liaisons à distance réduite dans un rayon de 1 000 km environ, le centre possède un poste radioélectrique à lampes de faible puissance.

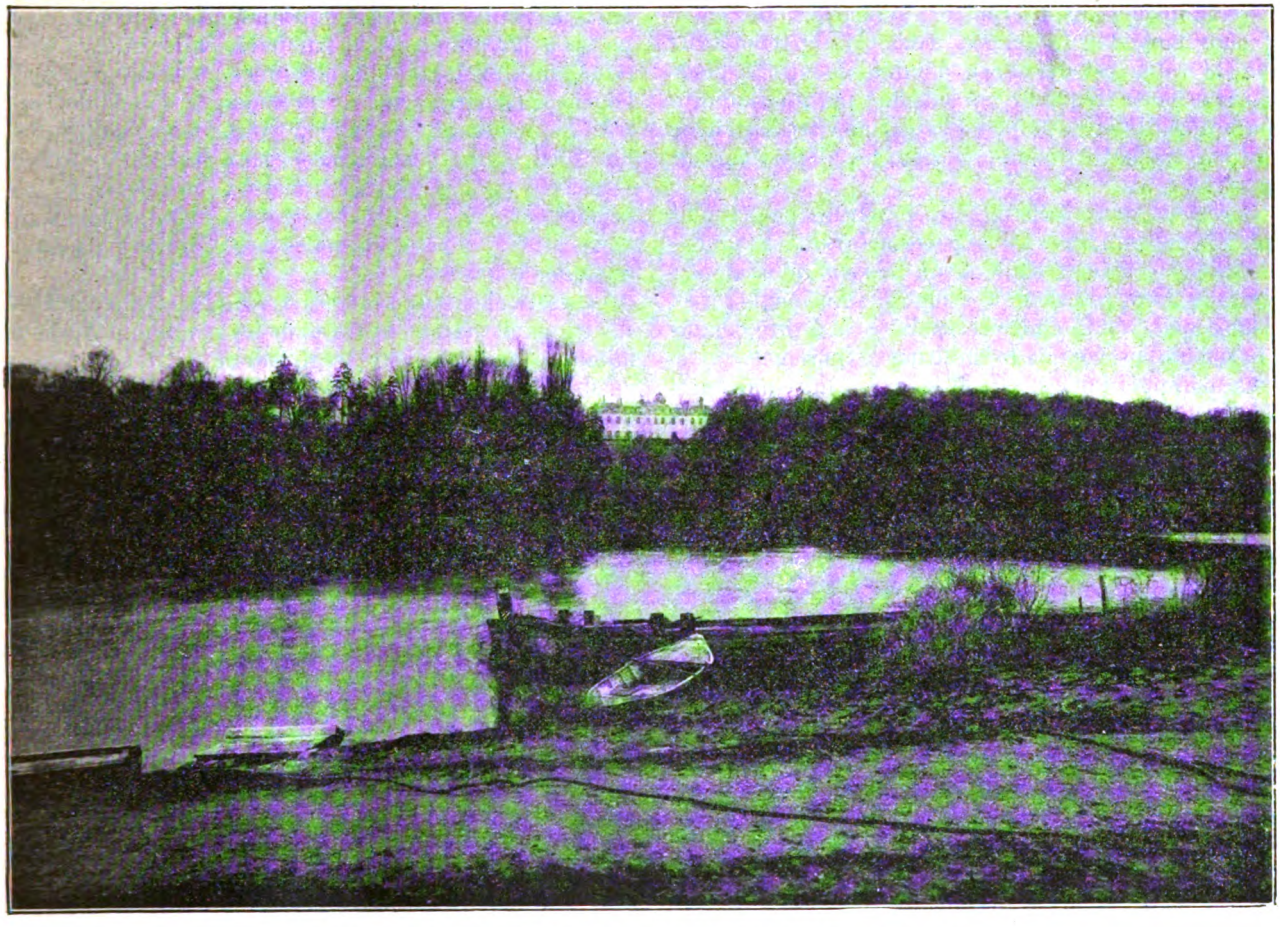


Fig. 2. — Château de Sainte-Assise, vue prise des rives de la Seine.

On sait quels sont les avantages considérables des alternateurs à haute fréquence sur les convertisseurs à arc. Ceux-ci sont caractérisés par de nombreux inconvénients graves. Ils émettent des ondes harmoniques dont la présence est extrêmement gênante et qu'il est difficile d'atténuer. D'autre part, il n'est pratiquement pas possible de supprimer dans les convertisseurs à arc de grande puissance « l'onde de compensation », rayonnée dans l'intervalle des signaux de l'émission normale sur une longueur d'onde légèrement différente; cette onde parasite trouble beaucoup la réception des signaux des autres stations et il est certain que ce procédé de transmission est appelé à disparaître. En outre, l'entretien des générateurs à arc est pénible et onéreux, en raison des nettoyages fréquents et de la détérioration rapide de leurs organes, si bien que toute installation de ce genre est obligatoirement doublée d'un matériel de réserve, qui ne peut d'ailleurs pas être utilisé en même temps que le matériel normal pour augmenter la puissance rayonnée. Rappelons encore que les convertisseurs à arc ne peuvent pas travailler à une grande vitesse de transmission et que la manipulation exige de nombreux relais. Il est difficile de dépasser pratiquement la vitesse de 60 mots par minute. Enfin, les convertisseurs à arc possèdent un rendement très faible et cette considération seule suf-

Digitized by Google

firait à en faire abandonner l'application aux relations commerciales. Leur rendement théorique maximum est de 50 pour 100; en pratique, cette valeur n'atteint pas 40 pour 100.

Les alternateurs a haute fréquence du centre d'émission. — Les alternateurs à haute fréquence installés au Centre radioélectrique de Sainte-Assise ont été construits par la Société française radioélectrique. Une description détaillée de ces appareils a déjà fait l'objet d'une publication antérieure (1). Ces machines sont assez analogues aux alternateurs industriels pour basse et pour moyenne fréquence, avec cette particularité que le rotor est dépourvu d'enroulement. Le générateur à haute fréquence est entraîné par un moteur à courant continu; le groupe tourne à une vitesse variable qui peut atteindre 6000 t : mn pour les alternateurs de 25 kw.

Ces alternateurs peuvent être construits pour toutes puissances jusqu'à 500 kw de puissance unitaire (Sainte-Assise et certaines stations du réseau intercolonial français). Leur courbe de tension est sinusoïdale; il en résulte que l'onde émise est pure, c'est-à-dire dénuée d'harmoniques, comme le confirme l'expérience.

La manipulation est effectuée par la mise en court-circuit de la machine; on ne consomme ainsi, dans l'intervalle des signaux, qu'une énergie réduite. Ce procédé de manipulation présente deux avantages : d'une part, il n'existe pas d'onde de compensation et, d'autre part, toute l'énergie utilisable est absorbée par l'onde de travail. La manipulation s'effectue, en effet, de telle manière que, entre deux signaux, l'alternateur tourne à vide et ne consomme que l'énergie perdue par frottement et par ventilation. Dans les postes à arc au contraire, la manipulation s'effectue en mettant en court-circuit quelques spires de la self-induction d'antenne; la longueur d'onde émise est modifiée, mais l'énergie empruntée à la source n'est pas diminuée. Pour obtenir des signaux ayant une même intensité, il faut ainsi absorber une puissance beaucoup plus grande avec l'arc qu'avec l'alternateur à haute fréquence.

Le changement de la longueur d'onde de travail s'effectue par la variation de la vitesse de l'alternateur; celle-ci est maintenue constante à moins de 1 millième près.

A ces avantages s'ajoute encore la possibilité de coupler électriquement en parallèle plusieurs alternateurs à haute fréquence : ce procédé permet d'opérer l'addition arithmétique des puissances débitées séparément par les alternateurs et de faire ainsi varier à volonté la puissance rayonnée par l'antenne, suivant que les circonstances météorologiques ou climatologiques sont plus ou moins favorables à la transmission, ou bien suivant l'éloignement du correspondant.

Enfin, il est encore possible, dans une même station, de réaliser simultanément plusieurs émissions distinctes en utilisant pour chacune d'elles un alternateur différent : c'est le procédé appelé « multiplex », qui permet d'augmenter considérablement le débit de la station. Notons, en outre, que la vitesse de manipulation est notablement plus élevée avec l'alternateur qu'avec le générateur à arc.

Les postes émetteurs a lampes. — Pour les communications à faible distance et lorsque l'on emploie de courtes longueurs d'onde, il est commode d'avoir recours aux lampes à trois électrodes comme générateurs d'oscillations entretenues à haute fréquence. Les postes à lampes émettent comme les alternateurs une onde pure, exempte d'harmoniques, et se prêtent facilement au changement de la longueur d'onde de travail. La médiocrité du rendement des lampes utilisées jusqu'ici comme générateurs et leur durée assez brève — leur « vie » ne dépasse guère 1000 heures — ne permettent pas encore d'exploiter avantageusement des postes à lampes d'une puissance unitaire dépassant quelques kilowatts.

Le poste émetteur à lampes exploité au Centre radioélectrique de Sainte-Assise pour les communications à faible distance peut être réglé sur une gamme de longueurs d'onde qui s'étend de 2000 à 6000 m et permet de débiter, dans une antenne normale, une puissance de 2 kw. Le poste est alimenté en courant alternatif par un groupe moteur générateur; quatre lampes valves redressent ce courant qui est ensuite transmis aux circuits d'anode des quatre lampes oscillatrices; montées en parallèle, ces lampes débitent dans l'antenne l'énergie de haute fréquence.

La manipulation s'opère soit directement, soit par l'intermédiaire d'un relais spécial et a pour effet d'établir ou de supprimer entièrement l'énergie rayonnée par l'antenne; la présence du relais permet la manipulation à grande distance et à grande vitesse.

La téléphonie sans fil. — Le poste à lampes que nous venons de décrire sommairement peut également se prêter à l'émission radiotéléphonique. Les ondes entretenues, au lieu d'être fractionnées en trains d'ondes par la manipulation, sont modulées par la voix au moyen d'un microphone, puis amplifiées, avant d'être rayonnées par l'antenne. La portée des émissions de ce poste dépasse un millier de kilomètres.

Les appareils de réception. — Les appareils de réception utilisés par la Compagnie générale de Télégraphie sans fil sont caractérisés par leurs propriétés sélectives et antiparasites et par différents procédés d'enregistrement automatique.

La grande sélectivité des circuits récepteurs, mis au point par la Société française radioélectrique, est obtenue au moyen de résonances multiples combinées avec des montages comportant des tubes à vide, qui réalisent le couplage des circuits entre eux, l'amplification et la détection des oscillations; les amplificateurs pour haute et basse fréquence sont du type dit « à réso-

(1) Voir *Radioélectricité*, septembre et octobre 1920, t. 1, nos 4 et 5, p. 175-225.

Digitized by Google

nance ». Un générateur local d'oscillations de haute fréquence (hétérodyne) permet la réception des ondes entretenues. La sélectivité est particulièrement appréciable lorsqu'il s'agit d'un service en multiplex; elle assure une protection efficace contre les perturbations atmosphériques.

En outre, l'ensemble de ces appareils est complété par un dispositif d'enregistrement dont l'usage est indispensable pour la réception des transmissions automatiques. La réception phonographique peut être utilisée pour les vitesses de transmission comprises entre 25 et 100 mots par minute.

Pour les vitesses moyennes, il est commode d'employer un appareil qui trace à l'encre sur une bande de papier une ligne brisée dont les ondulations reproduisent les signaux Morse. Aux vitesses qui atteignent quelques centaines de mots par minute, on a recours à l'enregistrement photographique des émissions sur un film. Les opérations du développement, du fixage, du lavage et du séchage de ce film sont automatiques.

Enfin, un dispositif nouveau, dont l'utilisation est rendue possible par la grande sélectivité des appareils récepteurs, permet de recevoir les signaux tout imprimés en lettres de l'alphabet. De nombreuses causes d'erreurs sont ainsi évitées et des pertes de temps supprimées.

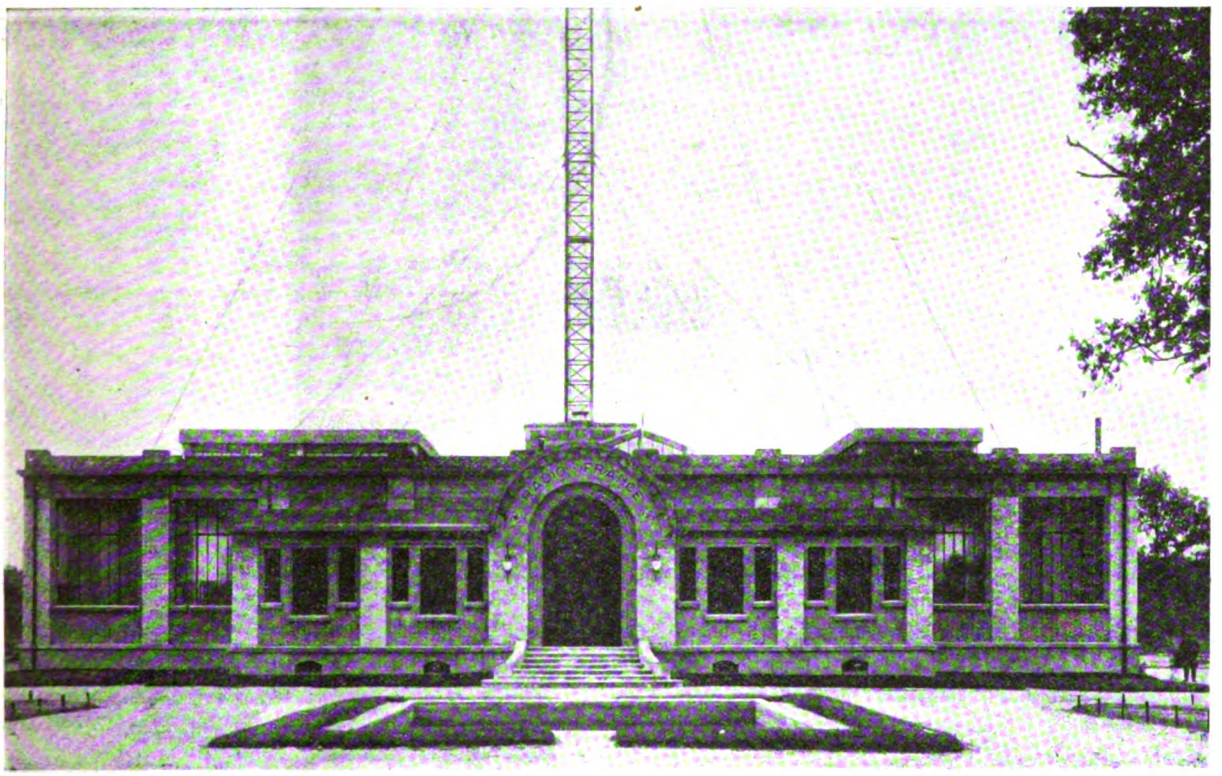


Fig. 3. — Vue de la station continentale de Sainte-Assise.

Des essais officiels effectués avec ces appareils dans des conditions atmosphériques peu favorables ont montré combien ils sont efficaces.

III. **Le projet d'ensemble.** — Le grand centre radioélectrique français est édifié dans le domaine de Sainte-Assise, d'après le projet d'ensemble dont nous reproduisons ci-après les grandes lignes.

Le centre d'émission comprend une station intercontinentale, dont la puissance rayonnée pourra varier entre 100 et 1 000 kw et une station continentale, dont la puissance rayonnée pourra atteindre 100 kw.

Un premier centre de réception est installé à Villecresnes.

Les centres d'émission et de réception sont reliés par plusieurs lignes spécialement équipées au Bureau Central radioélectrique de Paris qui centralise toutes les opérations de manipulation et d'enregistrement.

Les stations d'émission. — Les deux bâtiments qui renferment ces stations sont construits à quelques centaines de mètres de distance, sur le plateau élevé de Sainte-Assise.

Station continentale. — La station continentale, qui est entièrement achevée (fig. 3), a pour objet d'assurer les liaisons entre la France, d'une part, et, d'autre part, la Grande-Bretagne, l'Espagne, l'Italie, les Pays Scandinaves, l'Europe Centrale et Orientale (Prague et Bucarest) et le Proche-Orient (Beyrouth), c'est-à-dire dans un rayon de 3 500 km environ.

Digitized by Google

Elle est établie dans un bâtiment mesurant 40 m de long sur 30 m de large et qui comprend deux grandes salles : 1° dans l'aile gauche, la salle d'émission qui abrite toute l'installation haute fréquence. Elle est terminée par une voûte de 4 m de diamètre contenant la self-inductance d'antenne ; 2° dans l'aile droite, la salle contenant l'usine thermique de secours.

La force motrice est fournie normalement par le secteur du Sud-Lumière.

Poste de transformation. — Situé au centre du bâtiment (fig. 4), il comprend deux transformateurs abaisseurs de tension de 200 kv-a, 14 500/500 v, 50 p : s, qui alimentent, par l'intermédiaire de barres-omnibus, les groupes convertisseurs de la salle d'émission.

Un transformateur auxiliaire de 5 kw assure l'éclairage sous 110 v.

Dans le poste sont fixés, en outre, les disjoncteurs du réseau à 500 v manœuvrés à distance par l'intermédiaire de commandes à chaînes.

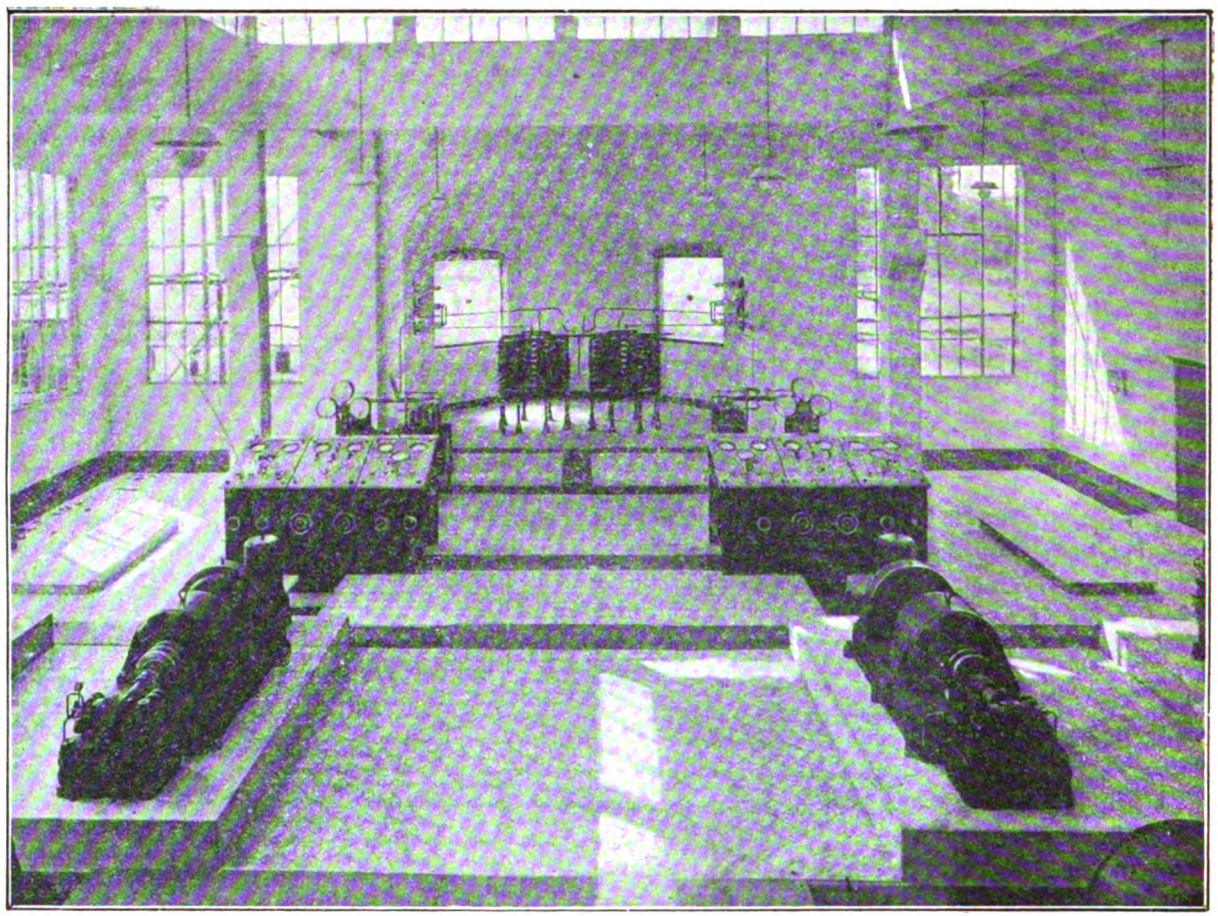


Fig. 4. — Vue du poste de transformation ; au fond, sous la voute, la self-inductance d'antenne.

Groupes convertisseurs. — Les groupes haute fréquence étant alimentés au moyen de courant continu sous 220 v, il a été prévu quatre groupes convertisseurs de 52 kw, dont l'alimentation est prise sur les barres-omnibus de 500 v.

Chaque groupe se compose d'un moteur asynchrone consommant 83 a, avec un cos φ maximum de 0,90 à pleine charge, et tournant à 980 t : mn.

Les génératrices, manchonnées en bout d'arbre, sont des machines shunt débitant 235 a sous 220 v. On peut utiliser une des génératrices pour alimenter l'un quelconque des groupes haute fréquence.

Usine de secours. — Elle comprend deux groupes Diesel de 150 ch pouvant fournir 110 kw (fig. 5).

Les moteurs ont été fournis par les Etablissements de la Chaléassière et utilisent le mazout comme combustible. Chaque moteur est alimenté par trois réservoirs fixés au mur :

1° Un réservoir à huile pour le graissage ;

2° Un réservoir à pétrole pour le démarrage ;

3° Un réservoir à mazout pour la marche normale.

Des groupes de pompes placés dans le sous-sol refoulent l'huile dans les réservoirs. Le stock de mazout

Digitized by Google

est conservé dans une grande fosse contenant deux citernes de 20 m³ chacune.

Ces citernes sont parcourues à l'intérieur par une circulation d'eau chaude pour réchauffer le mazout avant son admission dans les cylindres.

Les génératrices sont entraînées par courroie avec enrouleurs et peuvent fournir 500 A sous 220 V ; chacune d'elles peut donc remplacer deux groupes convertisseurs de la salle d'émission ; elles débitent d'ailleurs sur les mêmes barres-omnibus. Un inverseur branché sur les barres permet de capter le courant, soit d'une génératrice de secours, soit de deux dynamos couplées en parallèle, actionnées par les moteurs asynchrones.

Un groupe à essence de 15 kw, 110 V, permet de recharger une batterie d'accumulateurs de 450 A-h. Cette batterie, montée sur un sol asphalté, dans une salle spacieuse et bien ventilée, alimente les relais de la table de manipulation, les divers appareils de la salle de contrôle et fournit l'éclairage en cas d'arrêt du secteur.

Un tableau de distribution porte les appareils de mesure contrôlant la marche des génératrices et la charge de la batterie, ainsi que les relais à retour de courant et la commande des pompes situées dans un sous-sol.

Sous-sol. — Il couvre un espace de 20 m × 6,50 m

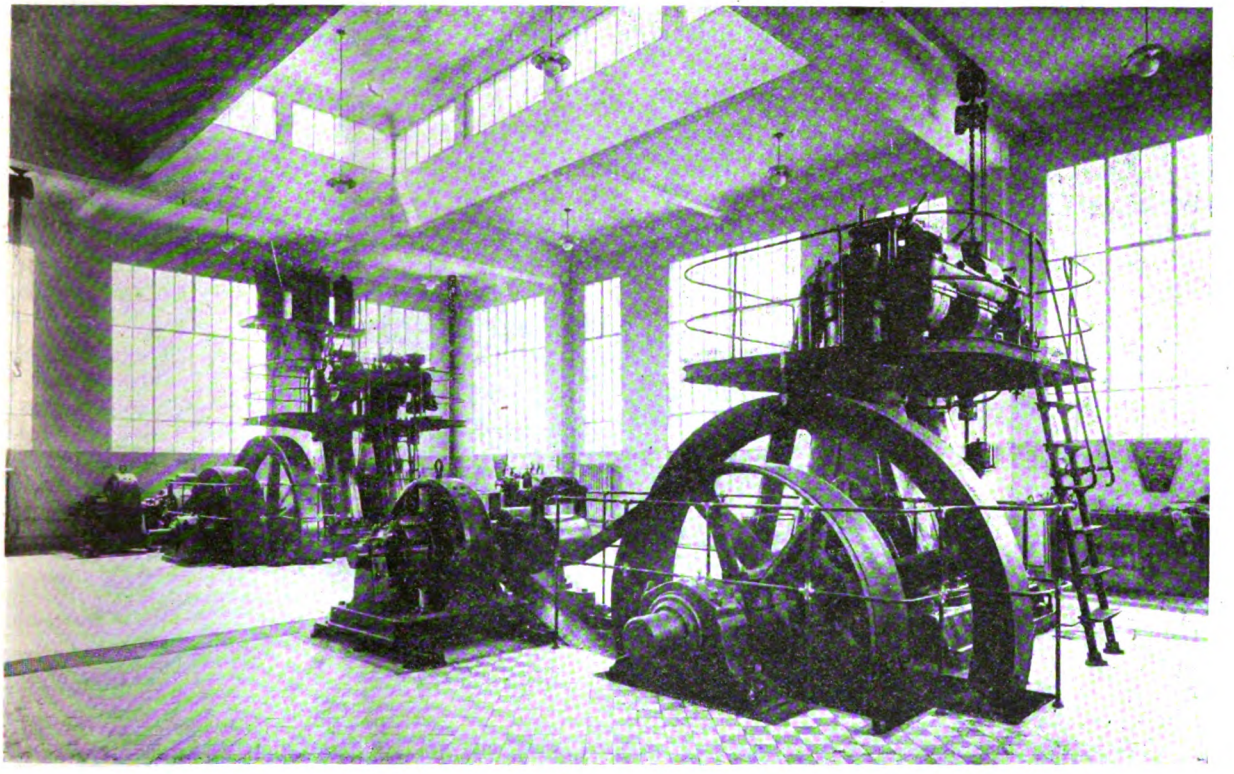


Fig. 5. — Vue des deux groupes Diesel de secours, de 150 ch.

et comprend la salle des pompes (avec un compresseur d'air pour souffler les arcs des relais de manipulation), la salle des chaudières pour le chauffage de la station, et la réserve de combustible. La circulation d'eau est assurée par un réservoir situé sur la terrasse de la station.

Installation haute fréquence. — Le courant haute fréquence est produit par quatre alternateurs entraînés par des moteurs à courant continu. Les moteurs sont des machines compound présentant les caractéristiques suivantes : 60 ch, 220 V, 6000 t : mn. L'alternateur fournit du courant à 32 400 p : s. La puissance correspond à 25 kw dans l'antenne à vide ; sa tension est de 310 V et il peut débiter 80 A.

La vitesse de ces groupes est maintenue constante au millième près, au moyen d'un régulateur mécanique.

Ce dispositif permet les combinaisons suivantes :

1° Un alternateur débitant sur la moitié de l'antenne ;

2° Deux alternateurs en parallèle, chacun travaillant sur une moitié de l'antenne ;

3° Les quatre alternateurs mis en parallèle, deux à deux, chaque groupe de deux débitant dans une moitié de l'antenne (100 kw).

Enfin, ils peuvent travailler en diplex, un alternateur travaillant sur une demi-antenne avec une certaine longueur d'onde et un autre alternateur sur la deuxième moitié, avec une longueur d'onde différente. Dans ce dernier cas, on peut aussi faire débiter les al-

Digitized by Google

ternateurs, deux d'entre eux étant couplés en parallèle sur chaque moitié de l'antenne.

Antenne. — C'est une antenne en parapluie soutenue par un pylône de 250 m placé derrière la station. Elle comprend 18 fils en câble bimétallique de 4,1 mm de diamètre en bronze télégraphique avec âme en bronze téléphonique.

La traction sur un brin est de 90 kg par temps calme, de 250 kg par vent violent. Les fils sont isolés par deux isolateurstype « bâton ». Leur charge de rupture est de 600 kg environ. Les brins d'antenne ont 200 m de long et sont divisés en deux nappes avec deux entrées de poste.

Terre. — Elle est constituée par 36 fils rayonnant autour du pylône central tous les dix degrés. Ils ont une longueur de 400 m et sont en cuivre rouge de 3 mm de diamètre; ils sont enterrés à une profondeur de 20 cm. Ces 36 fils arrivent à la base du pylône en quatre faisceaux de neuf fils, dans un caniveau qui les conduit à la station du côté des self-inductances d'antenne.

Contrepoids. — Il est constitué par deux éventails de 36 fils répartis de chaque côté de la station et du pylône central. Ces fils sont fixés à des poteaux situés à 135 m de ce pylône et à un câble traversier formant couronne, par l'intermédiaire d'isolateurs « bâton », en porcelaine. Une deuxième couronne de poteaux soutenant un autre câble traversier est située sur une circonférence de 275 m de rayon dont le pylône central est le centre. A ces poteaux et traversiers sont fixés 10 fils dans le prolongement des 36 fils mentionnés plus haut : de plus, entre chaque fil de cette partie du contrepoids se trouve un autre fil de même nature et de même longueur s'appuyant sur les traversiers.

On a donc :

A) 36 câbles bimétalliques de 4,1 mm en bronze télégraphique avec âme en bronze téléphonique, allant du pylône central aux poteaux à 135 m de ce pylône central;

B) 72 fils de 3 mm en cuivre non recuit allant de la première circonférence à la deuxième circonférence, ces deux circonférences étant respectivement éloignées de 135 et de 274 m du pylône central.

Les traversiers sont en câble d'antenne et assurent la suspension en même temps que la liaison électrique des brins du contrepoids. Chaque groupe est isolé du pylône par une chaine d'isolateurs pouvant résister à la tension de travail de 25 000 volts efficaces et à une charge de rupture d'environ 6 t.

Accord de la longueur d'onde. Couplage des alternateurs sur l'antenne. — Chaque alternateur débite sur le primaire d'un Tesla; le secondaire est relié, d'une part, au contrepoids et, d'autre part, à l'antenne par l'intermédiaire d'une self-inductance d'antenne.

La puissance demandée aux alternateurs est réglée par le couplage des Teslas. Deux pupitres sont installés pour la commande des dispositifs automatiques de démarrage des groupes haute fréquence et portent les appareils de mesure et de couplage des circuits haute fréquence (fig. 6). Une table de manipulation située entre les deux pupitres porte le dispositif de manipulation. Cette dernière, commandée de Paris, agit dans la salle de contrôle sur un relais Baudot qui commande à son tour un premier relais sur la table, au moyen de courant continu 110 v. Ce relais agit à son tour, par du courant continu 220 v, sur les relais principaux qui court-circuitent ou ouvrent le circuit des alternateurs pendant la manipulation.

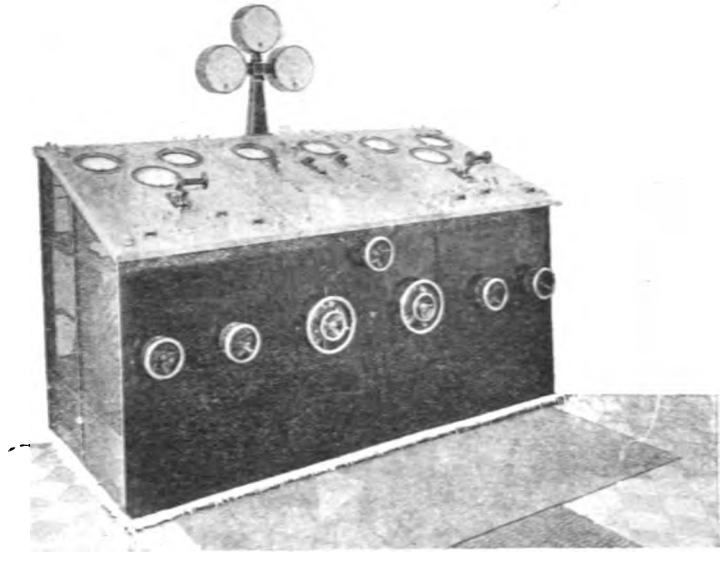


Fig. 6. — Vue d'un pupitre de commande.

Salle de contrôle. — Elle est aménagée en vue de surveiller les émissions et de permettre d'intervenir dans le cas de mauvais fonctionnement. Elle contient :

1° Les relais Baudot déjà mentionnés;

2° Un oscillographe pour l'enregistrement photographique des signaux;

3° Un système de manipulation automatique (perforatrice de bandes et pont de Wheatstone);

4° Une chambre noire.

La station comprend en outre une salle de veille, une salle de repos et le bureau du chef de poste. Un atelier permet de procéder aux réparations urgentes.

Station transcontinentale. — La station transcontinentale, qui sera prochainement achevée (fig. 7), pourra écouler un trafic intense de télégrammes avec l'Amérique du Nord (Canada, Etats-Unis), l'Amérique du Sud (Brésil, Argentine), l'Afrique du Sud (Le Cap), les Indes et l'Extrême-Orient (Chine, Japon).

Digitized by Google

Au milieu du plateau de Sainte-Assise, qu'elle domine, la station se développe sur une longueur de 84 m et une largeur de 21,60 m.

Dans l'aile gauche se trouvent les appareils de transformation du courant du secteur et l'émission haute fréquence; dans l'aile droite, l'usine de secours.

Dans la salle d'émission se trouvent les groupes convertisseurs et l'installation haute fréquence. Sous cette salle et au niveau du sol, on rencontre les accessoires des groupes, et en contre-bas, à l'extrémité de l'aile, la cabine de transformation. Au fond de la salle d'émission, deux voûtes de 10 m de profondeur et d'une longueur totale de 20 m abritent deux self-inductions d'antenne.

L'usine de secours est établie dans une immense salle de 37 m de longueur et 12,60 m de hauteur.

Cabine de transformation. — Le courant triphasé arrive du secteur Sud-Lumière sous une tension de 14 500 v. La cabine comprend :

2 transformateurs de 80 kv-A, 14 500/200 v, pour l'alimentation de deux groupes auxiliaires de 60 kw;

2 transformateurs de 1 300 kv-A, 14 500/3 000 v pour l'alimentation des groupes convertisseurs de 100 kw;

1 transformateur de 25 kv-A, 14 500/200 v, pouvant momentanément fournir 90 kv-A pour le démarrage de ces groupes par un moteur asynchrone auxiliaire.

Ces différents transformateurs, isolés du réseau

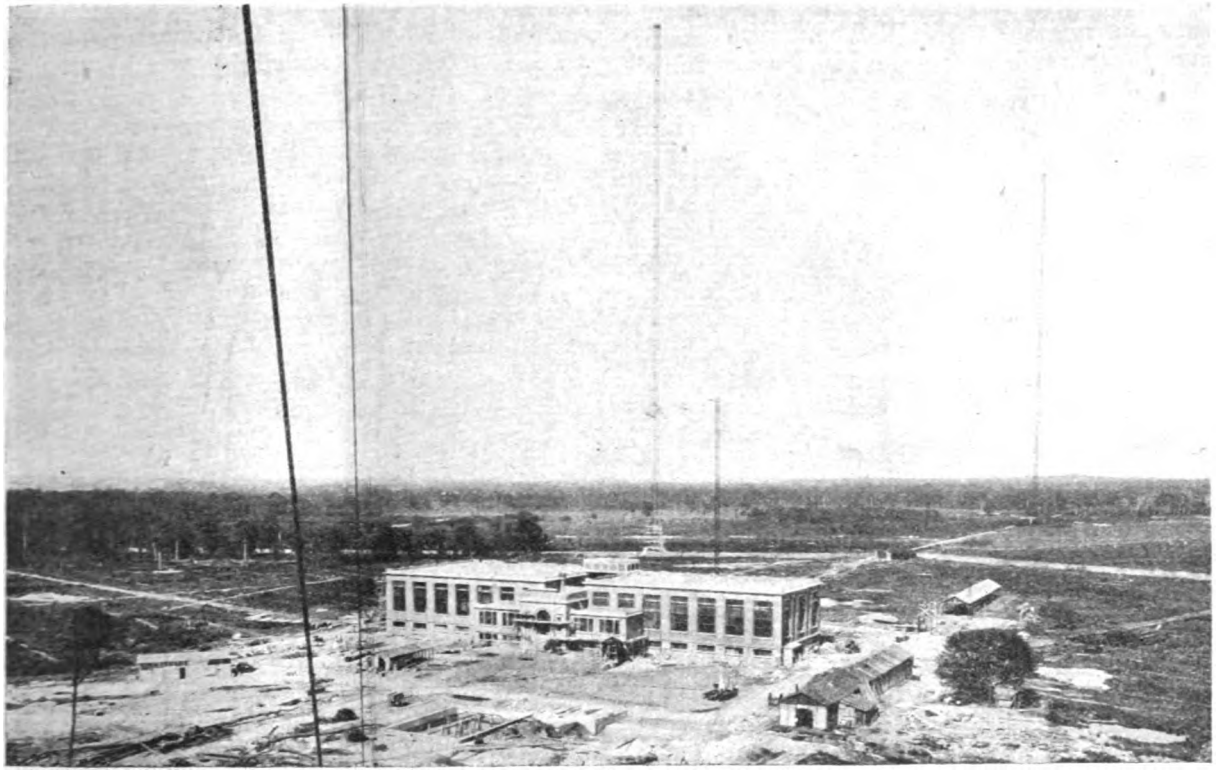


Fig. 7. — Vue de la station transcontinentale en cours d'achèvement.

14 500 v au moyen de sectionneurs, sont reliés aux divers moteurs par des disjoncteurs dans l'huile manœuvrés électriquement du pupitre de commande de la salle d'émission.

De nombreux transformateurs de mesure permettent de se rendre compte, au tableau, de la consommation particulière de chaque groupe.

Des parafoudres à rouleaux et résistances à eau protègent l'installation.

Groupes convertisseurs. — Les groupes haute fréquence sont alimentés en courant continu sous 500 v. Deux groupes convertisseurs synchrones débitent sur barres omnibus, sur lesquelles viennent se brancher les moteurs des groupes hautes fréquence. Les groupes synchrones présentent les caractéristiques suivantes.

Ils comprennent, manchonnés sur le même arbre :

1° Un moteur synchrone;

2° Une génératrice 500 v;

3° Un moteur de démarrage (en bout d'arbre)

4° Une excitatrice pour le moteur en bout d'arbre).

Le moteur synchrone développe 1 150 ch et est alimenté sous 3 000 v, 50 p : s. L'excitation est fournie par la dynamo en bout d'arbre.

La génératrice 1 000 kw (500 v, 2 000 A) est à excitation indépendante fournie par les barres auxiliaires à 110 v et prise sur un rhéostat potentiométrique.

Un régulateur Thury maintient la tension de 500 v aux bornes de l'induit qui débite sur des barres communes aux deux génératrices par l'intermédiaire d'interrupteurs unipolaires commandés à distance.

Digitized by Google

Le moteur asynchrone de démarrage est de 85 ch avec une intensité de courant de 225 A sous une tension de 200 V. Il peut fonctionner pendant un quart d'heure, ce qui donne le temps d'accrocher le groupe synchrone. L'excitatrice est une machine shunt débitant 46,5 kw sous 110 V.

Services auxiliaires. — L'un quelconque des transformateurs de 80 kv-A peut, par le jeu d'interrupteurs convenables, alimenter n'importe quel moteur des groupes 60 kw.

Les services auxiliaires comprennent l'éclairage, les commandes à distance, les pompes diverses installées au sous-sol.

Les groupes convertisseurs de 1 000 kw (moteur et dynamo) ainsi que les moteurs des groupes haute fréquence sont refroidis par ventilation, l'air froid arrivant de l'extérieur dans des canivaux. Derrière la prise d'air, un filtre arrête les poussières qui nuiraient à la bonne conservation des enroulements. Un autre caniveau collecte l'air échauffé provenant des machines et le rejette à l'extérieur.

Installation à haute fréquence. — Le courant à haute fréquence peut être produit par quatre groupes :

Deux groupes correspondant à une puissance de 250 kw dans l'antenne.

Deux groupes correspondant à une puissance de 500 kw dans l'antenne.

Les alternateurs sont entraînés par un moteur à courant continu sous 500 V.

Groupes de 250 kw (fig. 8). — *a*) Moteur — C'est un moteur de 610 ch à excitation séparée sous 110 V (prise sur les barres auxiliaires). Il tourne normalement à 3 000 t : mn (collecteur radial).

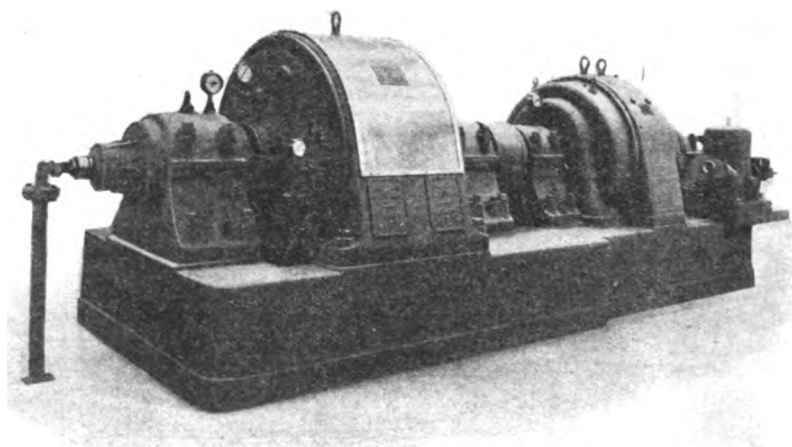


Fig. 8. — Vue d'un groupe haute fréquence de 250 kw.

Le démarrage est effectué suivant le système Léonard en excitant progressivement la génératrice de 1 000 kw. L'interrupteur est commandé du pupitre haute fréquence. A l'arrêt, l'induit du moteur débite sur une résistance de freinage de 0,5 ohm. Le moteur porte une spire de compoundage et des enroulements compensateurs.

b) Alternateur. — Ses caractéristiques sont :

Puissance dans l'antenne..	250 kw.
Tension à vide.....	310 V.
Courant normal.....	90 A.
Fréquence.....	20 000 p : s.
Vitesse.....	3 000 t : mn.

L'enroulement comporte huit sections reliées en parallèle deux à deux. L'excitation est assurée sous 110 V par les barres des services auxiliaires. Le nombre de pôles de cet alternateur est de 408. Le refroidissement est assuré d'une façon aussi parfaite que possible dans les enroulements et les paliers. Un premier circuit d'huile refroidit le stator, un deuxième circuit refroidit l'arbre du moteur à l'intérieur duquel l'huile circule. L'huile est elle-même refroidie par l'eau provenant d'un réservoir de 60 m³ placé sur la terrasse de la station. Des appareils avertisseurs permettent de contrôler la bonne marche du groupe : indicateurs d'échauffement (paliers et enroulements), de pressions d'huile, de vitesse. Un voltmètre d'entrefer révèle les défauts de centrage qui peuvent se produire l'entrefer, n'ayant que 0,7 mm. Une pompe fait le vide autour du rotor, ce qui permet encore de gagner de la puissance en supprimant la résistance de l'air. La régulation du groupe est assurée par régulateur mécanique Thury.

Groupes de 500 kw. — Ils se composent de deux moteurs à courant continu 500 V, manchonnés de chaque côté de l'alternateur haute fréquence.

a) Moteurs. — Situés de chaque côté de l'alternateur haute fréquence, ils sont naturellement manchonnés

Digitized by Google

sur le même arbre. Chaque moteur est identique à celui des groupes de 250 kw.

b) Alternateurs. — Leurs caractéristiques sont :

Puissance dans l'antenne..	500 kw
Tension à vide..	310 v
Fréquence	15 000 p : s
Vitesse	2 500 t : mn.

L'enroulement comporte huit sections reliées chacune à un Tesla. L'entrefer atteint ici 1 mm. L'excitation est assurée sous 110 v par les barres des services auxiliaires.

L'appareillage de ces groupes est semblable à ceux de 250 kw en ce qui concerne le refroidissement, la régulation de vitesse et les appareils de contrôle.

Le rotor de cet alternateur tourne également dans un vide relatif (3 cm de mercure).

Les quatre groupes haute fréquence sont fixés sur des socles en béton construits directement sur le roc, et n'ayant aucun point commun avec la maçonnerie de la station.

Antenne. — Elle se compose de deux nappes à brins parallèles s'étendant de part et d'autre de la station. Chaque nappe est soutenue par huit pylônes de 250 m de haut. Ses pylônes sont verticaux et présentent sur toute leur longueur la même section carrée de 2 m de côté ; ils sont maintenus par un jeu de sept haubans à chaque angle, arrimés à trois ferrures d'ancrage, toutes les ferrures étant scellées dans des massifs en ciment situés tous au même niveau. Les pylônes (sur deux rangées) sont espacés de 400 m en moyenne dans toutes les directions.

L'antenne se compose de 20 brins, dont 18 au centre, en câble de bronze télégraphique de 4,7 mm de diamètre et 2 en bordure extérieure de 6 mm de diamètre. Ces brins, plus écartés, au milieu que sur les bords, afin d'utiliser les phénomènes de self-induction et de capacité, sont directement attachés par des fils de cuivre sur un câble traversier ; celui-ci est soutenu lui-même (par l'intermédiaire de quatre séries de deux isolateurs munis de répartiteurs de tension) par un second câble traversier dont chaque extrémité est enroulée sur un treuil au pied du pylône porteur. Ces câbles subissent normalement une traction de 3 000 kg, sauf pour les traversiers extrêmes où elle atteint 3 400 kg.

La nappe proprement dite s'étend donc sur une longueur de 400 × 3, soit 1 200 m ; il faut encore ajouter la descente d'antenne qui réunit les fils en patte d'oie. Celle-ci est soutenue par un câble coupé par des isolateurs et aboutissant au sommet d'un pylône de 50 m qui se trouve derrière la station. La longueur de chaque nappe atteint donc au minimum 1 500 m, non comprise l'entrée de poste. Celle-ci est constituée par quatre câbles de 10 mm de diamètre qui entrent dans la station à travers une grande glace-fenêtre de la salle des self-inductances. On a employé pour le montage de l'antenne 65 km de fil !

Terre. — Le plateau de Sainte-Assise, très argileux, retenant bien l'humidité, donne une prise de terre excellente. On a adopté la disposition des terres multiples (1) ; celle qui se trouve sous l'antenne est de beaucoup la plus importante.

a) Première terre (terre principale). — Elle se compose d'un réseau serré de fils enterrés à 30 cm, les uns parallèles, les autres perpendiculaires à la direction de l'antenne. Dix fils de 3 mm de diamètre sont parallèles à l'antenne et s'étendent sur une bande dépassant les pylônes de 120 m vers l'extérieur. A 50 m des pylônes (et dans l'allée formée par eux) est enterrée de chaque côté une bande de cuivre de 27 mm × 1 mm. Ces bandes sont en quelque sorte les collecteurs des terres que forment les pylônes, des bandes de cuivre assurant un contact électrique entre les pylônes et les collecteurs en question.

D'autre part, des poteaux, dont nous parlerons plus loin, placés à raison de un entre deux pylônes latéraux, sont également connectés aux collecteurs.

L'ensemble des fils transversaux est constitué par des câbles de 3 mm de diamètre et perpendiculaires aux précédents. Ils s'étendent d'une extrémité à l'autre du domaine et sont plus épais sous les routes traversées.

Les fils de terre sont soudés à leur jonction, de manière à assurer un contact électrique aussi parfait que possible. Deux petits pylônes de 15 m sont dressés entre chaque dernier pylône de l'antenne (les plus près de la station) et le mât de 20 m mentionné plus haut ; ils portent les collecteurs de terre. Plusieurs câbles de petit diamètre relient les haubans et courent de chaque côté des pylônes à une hauteur d'environ 15 m : les premiers fils aboutissent aux haubans extrêmes des derniers pylônes, les deux suivants aux haubans les plus éloignés des deux avant-derniers pylônes, etc.

Ces fils sont soutenus entre les pylônes par les poteaux dont nous avons parlé plus haut et qui sont reliés aux bandes collectrices. Des batteries de condensateurs soutenues par ces poteaux sont intercalées sur ces fils de façon à ramener la tension à zéro.

b) Terres auxiliaires. — D'autres terres sont installées et connectées avec celle qui vient d'être décrite. Ce sont :

1° Un coffrage en cuivre sous les ancrages des pylônes ;

2° Une plaque de zinc étendue sous le bassin où jaillit l'eau chaude venant des moteurs Diesel ;

3° Une plaque de zinc, étendue sous la fosse à mazout ;

4° Des plaques de zinc étendues sous les massifs des moteurs Diesel ;

5° Une terre installée sous les self-inductances de la salle d'émission et comportant des bandes de cuivre d'environ 10 cm de large et espacées les unes des autres de 30 cm. Elles sont reliées les unes aux autres par trois bandelettes de cuivre placées perpendiculairement, et auxquelles elles sont rivées et soudées.

Ces bandes sont posées directement sur le béton de la construction et recouvertes d'une couche de bitume, de sable, de ciment, avec le carrelage par-dessus.

(1) *R. G. E.*, 15 avril 1922, t. XI, p. 547.

Digitized by Google

Les connexions zinc et cuivre ont été laissées apparentes, ce qui permet de s'assurer de leur bonne conservation. Rien n'a donc été négligé pour assurer une terre aussi parfaite que possible au point de vue du rendement, ce qui constitue l'une des conditions essentielles de bon fonctionnement de la station. Le cuivre utilisé dans l'installation de la prise de terre atteint, au total, une longueur de 227 km de fil et plus de 1 km de bandes.

Manipulation. — Elle est commandée de Paris, comme dans le cas de la station continentale. La ligne d'arrivée sous 10 v aboutit à un relais Baudot, dont le circuit local actionne un relais R P 2 sous 110 v. Ce relais R P 2 agit à son tour par le courant 500 v des barres sur des relais N P 5 qui court-circuitent ou décourt-circuitent les diverses sections des alternateurs. Ces relais comportent deux bobines sur le noyau pour permettre un fonctionnement instantané, l'une attirant le noyau, l'autre le repoussant.

Dans le cas de l'alternateur de 240 kw, quatre jeux de barres sont court-circuitées simultanément par quatre relais N P 5, l'excitation de ces relais étant commandée par l'un d'eux.

Salle de contrôle, — Une salle de contrôle comprenant des dispositifs de manipulation automatique ou non, et de réception et enregistrement photographique par oscillographe, est aménagée à côté du bureau du chef de station.

Centrale de secours. — Elle comprend quatre groupes : 1° deux groupes de 1 500 ch ; 2° deux groupes de 90 ch.

1° Groupes 1 500 ch. — Chaque groupe comporte un moteur Diesel auquel est accouplée, en bout d'arbre, une génératrice de 900 kw.

L'un des moteurs a été fourni par la Compagnie de Constructions mécaniques (Sulzer) et l'autre, par la Société de la Chaléassière ; tous deux tournent à 150 t : mn. Ce sont des moteurs à deux temps et quatre cylindres. Les manivelles sont calées sur l'arbre à 90°.

On agit sur le volant pour amener au point mort deux des pistons, au moyen d'un moteur électrique de 7 ch. La mise en route est effectuée au moyen d'air comprimé ; au démarrage, on utilise du pétrole comme combustible, mais au bout de quelques tours, on peut injecter le mazout qui est le combustible normal.

Les caractéristiques du moteur Sulzer sont les suivantes : sa longueur (dynamo comprise) atteint 15 m, sa largeur 4 m, sa hauteur au-dessus du sol 4,50 m environ. Le volant pèse 36 t et mesure 4 m de diamètre sur 1 m de large. Le socle du moteur pèse 31 t ; le poids du moteur tout entier dépasse 200 t.

Il a donc fallu monter ce groupe sur un massif résistant qui a été construit en béton et établi sur le roc entaillé pour la circonstance sur une profondeur de 2 m. Le moteur se trouve donc posé au niveau du sol, sur un massif de béton de 8,50 m de hauteur. La consommation en pleine charge est de 180 g de mazout par cheval-heure.

Génératrices. — Les génératrices sont manchonnées en bout d'arbre du moteur. A cause de leur faible vitesse de rotation, on a dû leur donner des dimensions très grandes. L'induit a un diamètre de 1,40 m et pèse 11 t. L'excitation, indépendante, est prise sur les barres auxiliaires à 110 v.

Les dynamos sont munies de régulateurs électriques Thury pour maintenir la tension constante.

2° Groupes 90 ch. — Ils comprennent chacun un moteur Diesel Sulzer de 90 ch auquel est accouplée une génératrice de 60 kw en bout d'arbre ; le groupe tourne à 275 t : mn. Le moteur est à quatre temps et deux cylindres ; les manivelles sont calées à 360°, il n'y a donc aucun décalage mécanique, mais les combustions se produisent alternativement dans un cylindre et dans l'autre. La mise en route est analogue à celle du groupe 1 500 ch : 1° lancement à l'air comprimé ; 2° injection de pétrole ; 3 injection de mazout.

La consommation est également de 180 g de mazout par cheval-heure en pleine charge.

Génératrices. — Les génératrices de 60 kw sont des machines shunt alimentant les barres auxiliaires sous 110 v. Les génératrices ont été fournies par la Société alsacienne de Constructions mécaniques de Belfort.

Batterie d'accumulateurs. — Comme à la station continentale, une batterie de 460 A-h sert pour les commandes à distance des divers appareils automatiques (contacteurs, disjoncteurs, lampes de signalisation), l'alimentation des pompes d'injection d'eau dans les pistons des moteurs Diesel et quelques petits services auxiliaires. Un groupe convertisseur spécial alimente la batterie.

Tableau. — Le tableau de distribution et de charge de la batterie d'accumulateurs est monté sur une plateforme à laquelle on accède de plain-pied en venant du hall d'entrée de la station. Cette plateforme est à une hauteur de 3 m au-dessus du plancher de la salle.

Atelier. — Un atelier permettant des réparations très complètes est installé à côté de la salle des moteurs Diesel : on y trouve une forge à double foyer, une fraiseuse, une perceuse, deux tours (un grand et un petit), des meules, étaux, etc.

Chauffage. — Il est assuré par des chaudières placées en sous-sol faisant circuler de la vapeur basse pression dans les calorifères.

Divers. — Un bureau de chef de poste, un bureau de sous-chef de poste et une salle de veille sont aménagés dans la station.

Les stations de réception. — Le centre de réception a été établi à Villecresnes, entre Paris et Sainte-Assise. Il comporte un bâtiment central et six stations réceptrices ; chacune d'elles se présente extérieurement sous la forme d'une tour carrée en briques (fig. 9). A l'intérieur sont abrités un grand cadre mobile ainsi que les appareils de réception sélective antiparasite. Ces appareils sont renfermés dans une cabine métallique blindée jouant le rôle de cage de Faraday, dispositif qui évite l'action directe des ondes et des perturbations électriques de toute nature. Les différentes opérations de la réception : lecture au son, enregistrement et re-

Digitized by Google

transmission par fil, sont effectuées dans le bureau central radiotélégraphique à Paris.

IV. **Bureau central radioélectrique de Paris.** — Le Bureau central radioélectrique est installé au centre de Paris près de la Bourse. Relié par lignes directes aux centres d'émission et de réception, il constitue le cerveau de l'ensemble des installations ; c'est de ce bureau que les émissions sont commandées automatiquement par des appareils transmetteurs à grande vitesse. Dans ce bureau également s'effectue automatiquement l'enregistrement des signaux reçus au centre de réception.

Les télégrammes à transmettre proviennent : soit du réseau télégraphique général, soit des centres de réception (transit), soit du dépôt direct des intéressés.

Les télégrammes reçus proviennent des centres de réception et sont dirigés : soit sur le réseau télégraphique général ; soit sur les stations d'émission (transit) ; soit sur le service de distribution de la capitale.

Des lignes télégraphiques spéciales, exploitées par des appareils Baudot, relient le Bureau central au Central télégraphique au centre de réception (installations de secours).

Tout le trafic proprement dit est donc effectuée au Bureau central.

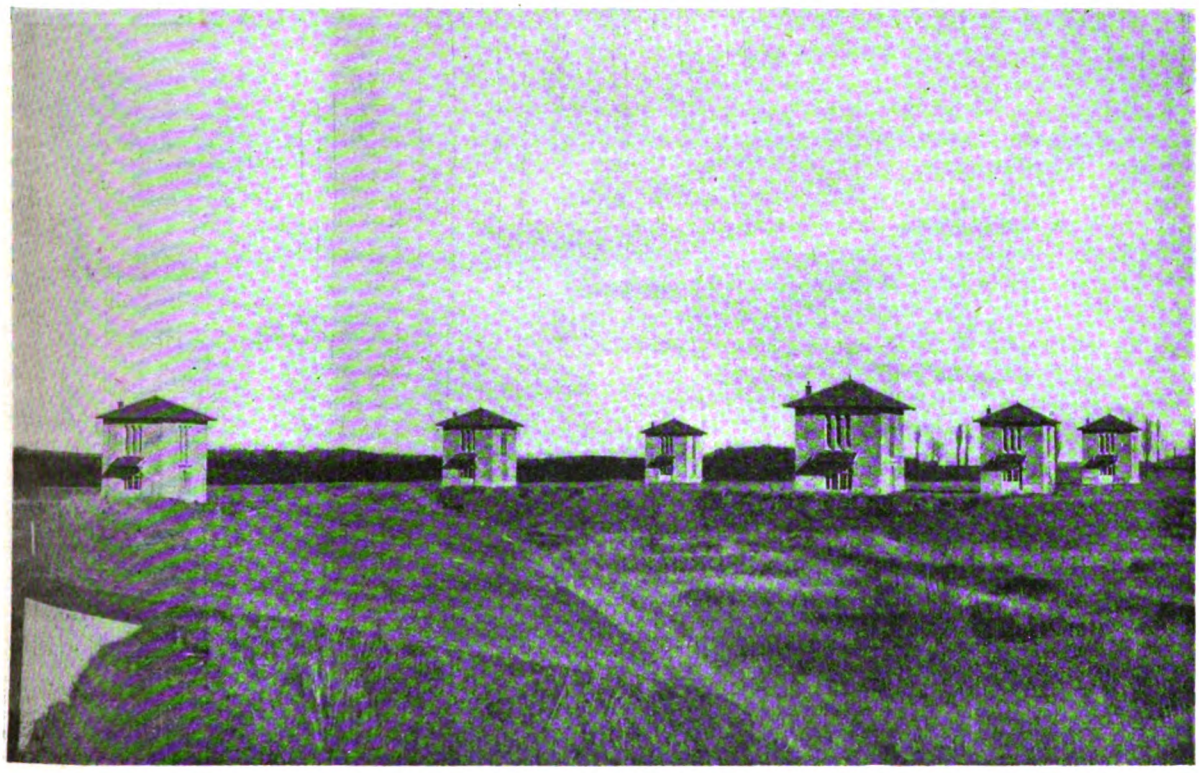


Fig. 9. — Vue de la station de réception de Villecresnes.

Appareils de commande de la transmission, — La transmission des télégrammes est faite par l'intermédiaire de transmetteurs automatiques utilisant des bandes perforées. La vitesse de transmission peut atteindre 200 mots par minute.

La perforation des bandes est effectuée au moyen de perforatrices à clavier.

Les divers appareils sont entraînés par des moteurs électriques.

Enregistrement des signaux. — L'enregistrement se fait au moyen des systèmes les plus récents et les plus perfectionnés, mentionnés ci-après :

1° *Enregistrement par inscription ondulée.* — Ce dispositif comprend essentiellement un relais très sensible commandant les déplacements d'un siphon qui trace un trait continu sur une bande de papier entraînée par l'intermédiaire d'un petit moteur électrique.

2° *Enregistrement par appareils imprimeurs.* — Les courants télégraphiques reçus du centre de réception peuvent également actionner un appareil spécial qui perfore une bande. La disposition des trous sur la bande dépend de la forme des signaux.

Un autre appareil utilisant cette bande traduit et imprime en caractères ordinaires le texte du télégramme.

3° *Enregistrement photographique.* — Ce mode d'enregistrement est réservé spécialement à la réception des signaux émis à très grande vitesse ; il peut servir également de contrôle pour étudier le fonctionnement des appareils récepteurs.

Digitized by Google

Organes de liaison: — Pour recevoir les télégrammes des clients, on utilise, d'une part, un multiple téléphonique auquel sont reliées les lignes téléphoniques privées des abonnés et, d'autre part, des appareils télégraphiques comprenant un Baudot quadruple et trois appareils Hughes, reliés au central télégraphique du réseau général.

Pour l'acheminement vers les destinataires des radiogrammes reçus, on utilise également le multiple téléphonique et les appareils télégraphiques dont il est parlé ci-dessus.

Le Baudot quadruple permet, aux heures où le trafic est le plus chargé, d'envoyer ou de recevoir quatre télégrammes à la fois; en trafic normal on utilise un des appareils Hughes.

Le multiple téléphonique, à batterie centrale, comprend cent directions privées et dix directions réseau. Des relais « secrets » sont disposés de manière qu'aucune communication ne puisse être échangée entre les clients.

Les différentes parties de l'organisation radioélectrique : centre d'émission, centre de réception, bureau central, sont réunies les unes aux autres par des liaisons télégraphiques et téléphoniques appropriées.

Ces liaisons sont assurées par un câble sous plomb à quatorze paires de fils, qui relie le bureau central au

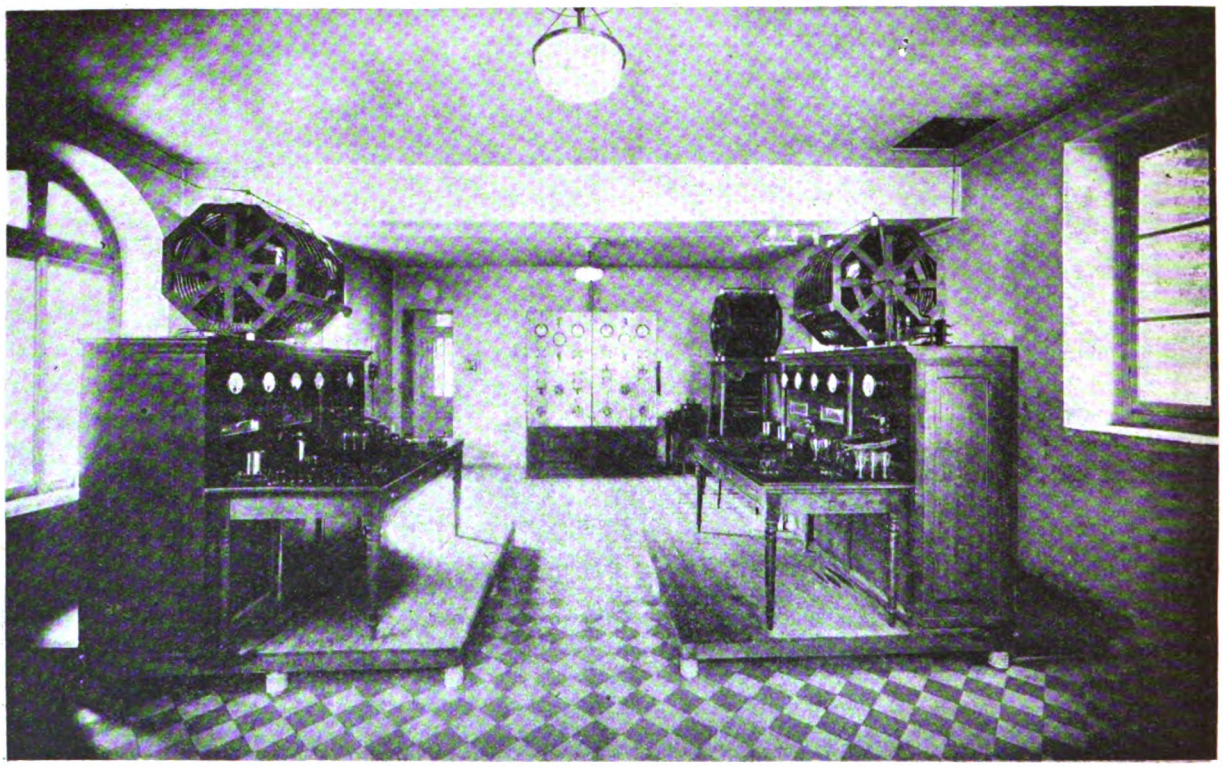


Fig. 10. — Vue du poste à lampe de 2 kw assurant le service Paris-Londres.

centre d'émission et par un câble analogue qui relie le bureau central au centre de réception. Ce dispositif spécial fait l'objet d'un article publié ci-après.

Des circuits de secours sont disposés pour que les communications restent assurées en cas de rupture des fils principaux.

Ces câbles et circuits de secours aboutissent, dans chaque centre et au Bureau central, à un répartiteur général qui comporte un dispositif de protection et un jeu de jacks et de fiches qui permettent d'utiliser les diverses lignes suivant les besoins du trafic.

V. — **La réalisation**. — Les travaux du Centre radioélectrique de Sainte-Assise ont été inaugurés le 9 janvier 1921. La construction en a été poussée très activement; on se rend compte du labeur qu'elle représente, si l'on imagine que les travaux ont été entrepris sur un terrain recouvert d'une épaisse futaie et qu'il a fallu partiellement déboiser. Pour les transports de matériel, on aménagea un petit port sur la rive droite de la Seine que le plateau de Sainte-Assise domine de plus de 30 m. De là, le matériel était amené à pied d'œuvre soit au moyen de wagonnets circulant sur un plan incliné, soit par des camions automobiles pour lesquels il fallut établir un réseau de routes.

De vastes locaux ont été aménagés dans les dépendances du château de Sainte-Assise pour le logement du personnel.

Depuis le mois d'avril, un poste à lampes de 2 kw installé dans les communs du château assure la liaison

Digitized by Google

radioélectrique Paris-Londres (fig. 10). Dès la fin de juin 1921, la station continentale était achevée et entièrement aménagée. En ce qui concerne les dix-sept pylônes de la station transcontinentale, leur montage était complètement terminé au début du mois de septembre, c'est-à-dire deux mois avant la date prévue. A l'heure actuelle, la station transcontinentale est sur le point d'être achevée et l'on prévoit qu'il sera possible d'en entreprendre l'exploitation avant la fin de l'année 1922.

Enfin, le centre de réception de Villecresnes, qui comprend, outre le bâtiment central, six bâtiments séparés affectés à la réception sélective et antiparasite sur cadre mobile, est exploité depuis plusieurs mois.

L'activité qui a été déployée par les Compagnies de T. S. F. pour l'édification du Centre radioélectrique de Sainte-Assise permet d'escompter la mise en service prochaine de la totalité de ses installations, bien avant que soient expirés les délais prévus. Ainsi le public français sera bientôt appelé à profiter des avantages considérables que lui procurera l'avènement des communications radioélectriques mondiales au triple point de vue : économie, sécurité, rapidité.

G. Malgorn,
Lieutenant de vaisseau,

M. Adam,
Ingénieur E. S. E.

Les câbles téléphoniques et télégraphiques Paris, Villecresnes, Sainte-Assise

La ligne télégraphique et téléphonique qui relie le centre de Sainte-Assise et le poste de réception de Villecresne, dont on vient de lire la description, avec le bureau central de la Compagnie Radio France, à Paris, est composée de deux câbles comportant chacun 14 paires de fil. Cette application nouvelle de lignes dites à conducteurs multiples, sur une distance de 48 km, en partie souterraine et en partie aérienne, est la plus longue qui ait été établie jusqu'à présent en France. Après avoir rappelé succinctement quelques unes des difficultés qui se sont présentées au début de l'emploi des câbles multiples pour communications à longue distance tant en France qu'à l'étranger, l'auteur fait remarquer que, bien que la question semble, à première vue, avoir été mise au point par des étrangers, il ne faut pas oublier que c'est au français Vaschy que l'on doit les premières études théoriques sur la question.

Introduction. — En Amérique, et dans plusieurs pays d'Europe, les câbles téléphoniques sous papier et plomb, aériens et souterrains, ont pris un très grand développement. L'accroissement rapide du nombre des conversations, l'encombrement des routes et des voies ferrées utilisées de plus en plus par les lignes de transmission d'énergie, enfin les troubles causés aux communications à courant faible par ces mêmes transmissions de grande puissance font que ces câbles à nombreux conducteurs deviennent presque une nécessité. Cependant, au début de leur application, l'affaiblissement considérable apporté aux communications téléphoniques à fréquence élevée, affaiblissement dû à la capacité électrostatique des conducteurs dans les câbles, rendait impossible leur utilisation pour de longues distances. Il a fallu les recherches théoriques de Vaschy et d'Heaviside pour montrer la possibilité de corriger la capacité par l'adjonction de self-inductions en série sur la ligne. Pupin a donné les règles qui ont rendu pratique cette adjonction. De nombreuses recherches en Amérique et en divers pays ont permis de résoudre les difficultés qui subsistaient (en particulier l'adaptation des bobines Pupin aux circuits fantômes) et de mettre au point le matériel. Depuis 1905, on a pu ainsi constituer des communications de 100 à 300 km ; mais il semblait difficile de dépasser 600 km avec les calibres de fil utilisables.

La découverte des amplificateurs thermoioniques a donné un essor nouveau à l'emploi de ces câbles et rend leur portée pratiquement indéfinie. Les recherches faites à ce sujet en divers pays, notamment pendant la guerre, ont permis de résoudre la plupart des questions nouvelles soulevées par l'utilisation de ces appareils délicats.

L'administration française des Postes, Télégraphes et Téléphones, s'est orientée nettement vers l'emploi des câbles pour longue distance ; mais jusqu'à présent, elle n'a pu en faire poser ; quelques lignes pupinisées ont été construites entre 1907 et 1914, mais la plus longue ne dépasse pas 28 km. Jusqu'ici, on s'est surtout livré à des travaux préparatoires, décrits dans « R. E. », 1916, t. XXV p. 204. M. Barbarat a fait, dès 1895, des essais de câbles à induction répartie uniformément. Enfin, des projets de câbles Paris-Lille, Paris-Amiens, sont à l'étude depuis plus de dix ans, mais le régime budgétaire français permet difficilement l'octroi à l'administration des Postes, Télégraphes et Téléphones, de sommes importantes, pour de grands travaux, quel que doive être leur rapport ultérieur ; l'administration ne possède pas en effet de compte de premier établissement. Les projets n'ont donc pu aboutir ; la guerre a interrompu les études commencées et plusieurs pays étrangers ont pu accentuer pendant ce temps l'avance qu'ils avaient déjà sur nous.

Digitized by Google

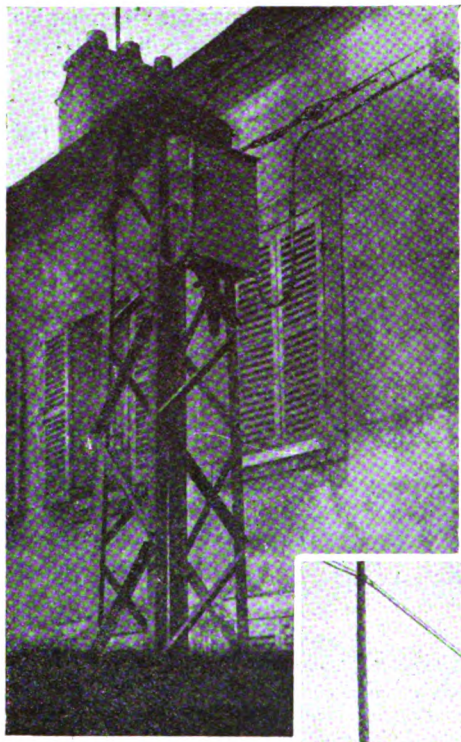


Fig. 1. — Pylone et boîte, origines de la section aérienne de Créteil.

sur les incidents de la transmission. D'autres communications téléphoniques sont prévues pour le service général.

Pour résoudre ce problème, la Compagnie Radio-France à commandé deux câbles, l'un à 14 paires de fil de 1 mm de diamètre, reliant Paris à Villecresnes, l'autre à 14 paires combinables de fil de 1,3 mm de diamètre, pupinisé, reliant Paris à Sainte-Assise. Ces câbles ont été commandés à la Société d'Etudes pour Liaisons Télégraphiques et Téléphoniques à longue distance, fondée en 1920, et ayant pour objet spécial l'étude des câbles dont nous avons parlé au début.

La ligne de Paris à Sainte-Assise présente un réel intérêt; c'est, d'abord, de beaucoup le plus long câble pupinisé posé en France (48 km au lieu de 28); d'autre part, elle comporte une section aérienne de 30 km également de beaucoup la plus longue en France, qui permettra par suite de juger des avantages et des inconvénients de cette sorte de construction. Enfin, il s'agit de communications téléphoniques et télégraphiques simultanées; les appareils télégraphiques étant à grande vitesse (jusqu'à 100 mots par minute), le problème des influences entre communications a dû être très spécialement étudié.

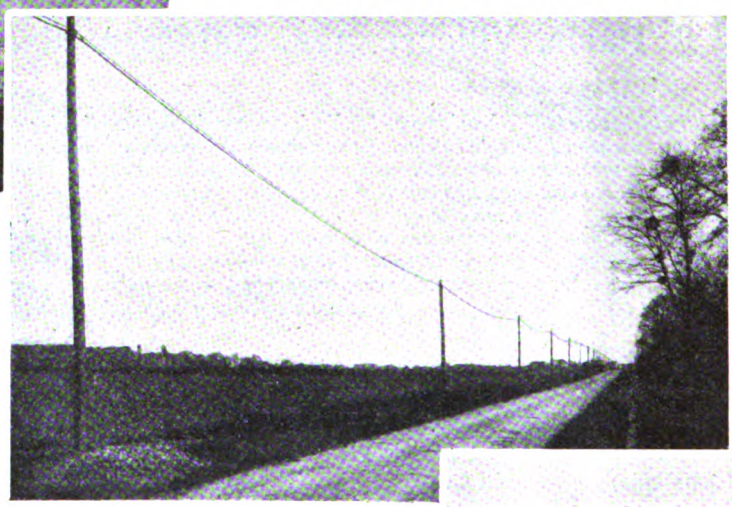


Fig. 2. — Partie en alignement droit de la ligne à 1 câble entre Villecresnes et Sainte-Assise; portée, 35 m.

Caractéristique du câble. — Le câble Paris-Sainte-Assise a été prévu à paires combinables, afin que l'on puisse utiliser

Une occasion s'est présentée, en 1921, de faire dans la voie de la téléphonie à longue distance par câbles, une expérience évidemment modeste et dont la portée ne pouvait se comparer à celle des longues lignes réalisées ailleurs, mais cependant assez sérieuse pour permettre aux constructeurs français qui l'ont entreprise sans aucune aide étrangère, de montrer leur aptitude à ces travaux et d'étudier de près le problème plus général qu'ils auraient à résoudre à l'avenir.

La Compagnie Radio-France a construit, ainsi qu'on vient de s'en rendre compte dans l'article précédent, une station de télégraphie sans fil qui doit être la plus puissante du monde. La transmission se fait à Sainte-Assise à 48 km environ du bureau central de Paris, situé 166, rue Montmartre; la réception se fait à Villecresnes, à 25 km environ de Paris. Il est très désirable que pour chacune des cinq communications prévues, les signaux radiotélégraphiques à émettre, puissent être commandés de Paris sans retransmission manuelle à Sainte-Assise et que les signaux à recevoir puissent également parvenir sans retransmission à Paris. De plus, il faut que chaque communication télégraphique soit doublée d'une communication téléphonique de service qui permette aux opérateurs de Sainte-Assise, Villecresnes et Paris, de se communiquer leurs observations

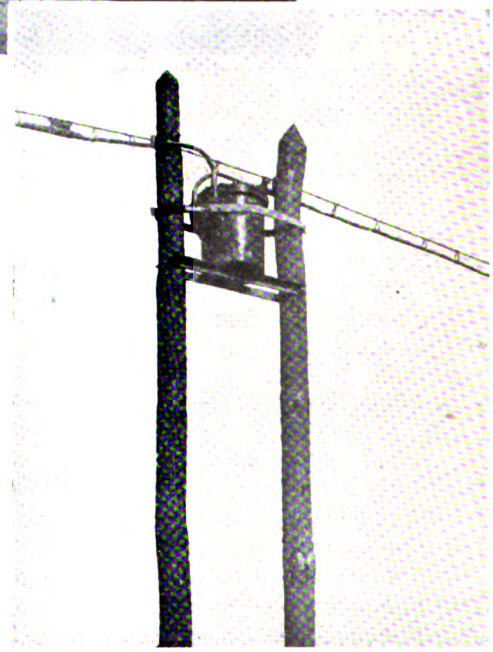


Fig. 3. — Boîte de bobines Pupin installée sur la ligne aérienne.

Digitized by Google

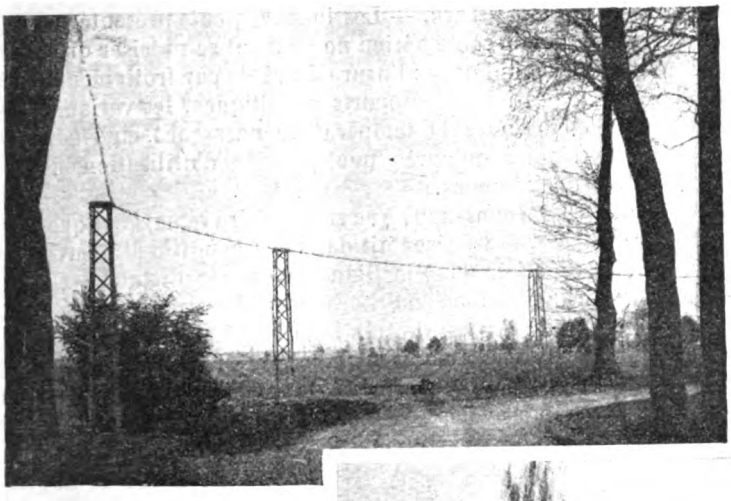


Fig. 4. — Angle vif ayant nécessité 3 pylônes consécutifs

pour le télégraphe les circuits combinés ou fantômes qui, embrassant un champ extrêmement restreint, exercent les uns sur les autres une influence très faible. On pouvait redouter, en effet, que, si les télégraphes utilisaient le retour soit par la terre, soit même par des conducteurs non câblés avec ceux d'aller, des influences réciproques troublent les communications. Ce fait était spécialement à craindre pour un câble pupinisé dans lequel ces genres d'actions mutuelles sont en général accrues. Les circuits fantômes n'étant pas chargés, la pupinisation était inutile en raison de la distance relativement faible séparant les deux stations et elle aurait augmenté la délicatesse de fonctionnement de l'ensemble; le diamètre de 1,3 mm choisi, permettrait d'ailleurs, si on le voulait, de communiquer téléphoniquement encore dans des conditions acceptables sur les circuits fantômes. Ce diamètre, un peu fort, a en même temps l'avantage de réduire la résistance ohmique et par suite de faciliter l'envoi de signaux par courant continu à tension réduite.

Quant au câble de Paris à Villecresnes, il est en fil de 1 mm de diamètre et du type ordinaire de l'Administration des Postes, Télégraphes et Téléphones. Toutefois, pour la partie aérienne, le papier dans les deux câbles est plus serré que pour la construction courante et la circulation d'air sec pour le dessèchement éventuel n'est possible qu'avec des précautions spéciales et sur de faibles longueurs.

Les bobines Pupin d'une résistance de 0,12 ohm, sont espacées de 3 km; c'est-à-dire que le nombre total des boîtes est de seize contenant chacune quatorze bobines.

L'impédance caractéristique du câble est d'environ 1 000 ohms à 800 p: s.

La capacité linéique entre fils d'une même paire est en moyenne de $4{,}5 \times 10^{-8}$ F: km. L'affaiblissement garanti était de 0,0178.

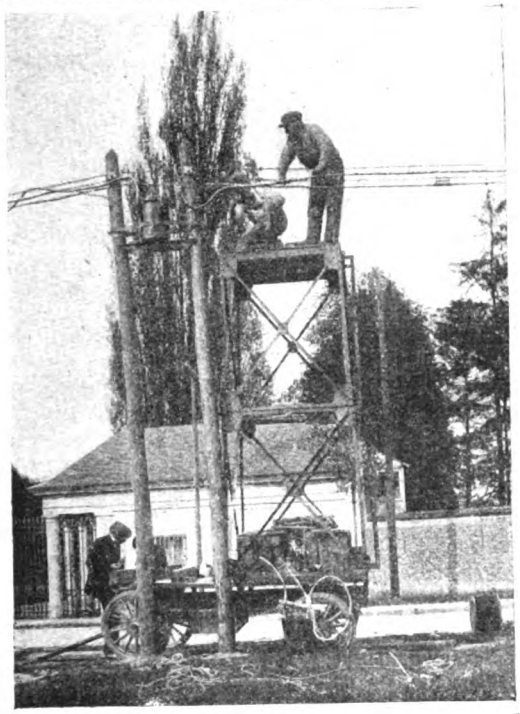


Fig. 5. — Raccordement d'une boîte pour bobines Pupin.

Caractéristiques mécaniques. — Les câbles ont été posés par le personnel de l'Administration des Postes, Télégraphes et Téléphones dans les égouts de Paris entre la rue Montmartre et la place des Ecoles, à Charenton.

De là à la sortie de Créteil, ils ont été posés par la Société générale d'Electrification, soit en conduites, soit en égout. Pour éviter l'électrolyse, on a fait usage d'un revêtement de deux feuillards goudronnés autour du câble, les jonctions étant opérées au moyen de boîtes en fonte.

La ligne devient aérienne à

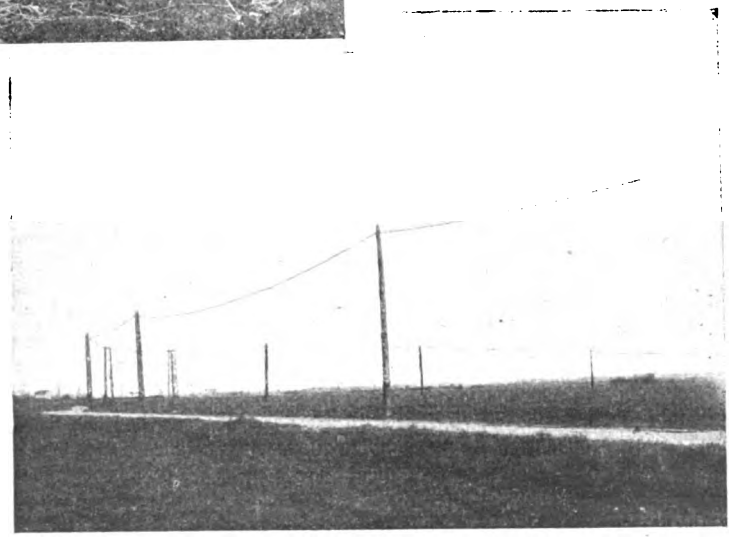


Fig. 6. — Coude brusque de la ligne sur le plateau de Combes.

Digitized by Google

partir de Créteil (la figure 1 représente le pylône de tête de ligne), et comporte deux câbles sur un parcours de 10 km environ compris entre Créteil et Villecresnes, et un seul câble de Villecresnes à Sainte-Assise. Toute cette partie a également été posée par la Société générale d'Electrification. Le câble Paris-Sainte-Assise a un diamètre de 23 mm et un poids de 2,2 kg par mètre ; celui de Paris-Villecresnes a un diamètre de 18,1 mm et un poids de 1,650 kg par mètre.

Les supports sont constitués par des poteaux de bois injectés au sulfate de cuivre et ayant une hauteur de 5 m hors-sol. La portée moyenne des câbles est de 25 m entre Créteil et Villecresnes et de 33 m, entre Créteil Sainte-Assise (fig. 2). Les câbles téléphoniques sont suspendus, par des agrafes en métal du type employé en Amérique, à des câbles porteurs en acier galvanisé pesant, par kilomètre, 120 kg et composé de sept fils de 2,7 mm et 2,4 mm ayant respectivement 7 100 kg : cm² et 3800 kg : cm², comme charge de rupture. Un coefficient de sécurité égal à 5 a été prévu. Les boîtes pour bobines Pupin sont constituées par des cylindres en fonte de 25 cm sur 45 cm (fig. 3). Elles sont placées dans des chambres en maçonnerie dans la partie souterraine et sur poteaux dans la partie aérienne.

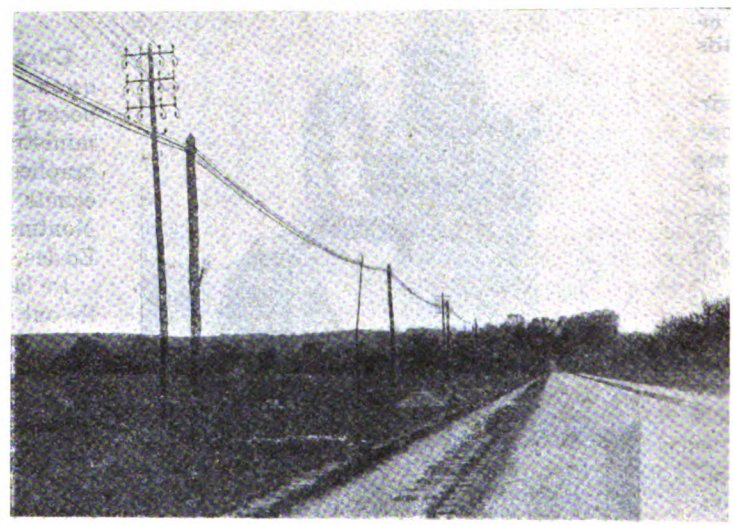


Fig. 7. — Section de la ligne à 2 câbles et de la ligne téléphonique de l'Etat à 28 conducteurs parallèles.

La pose des agrafes fut effectuée par les ouvriers assis sur des sellettes glissant sur le câble porteur. Le câble téléphonique fut tiré dans les agrafes de la même manière que les câbles souterrains dans les conduites et sans plus de difficultés ; on a même pu tirer, dans des parcours anguleux, les bobines de 400 m du câble le plus gros sans être forcé de le couper.

La ligne est mise à la terre de distance en distance. Le nombre de pylônes employés est relativement grand en raison des angles vifs que présentait le parcours (fig. 4). Tous ces pylônes ont été fournis par la Compagnie Radio-France elle-même.

Les travaux de soudure ont été accompagnés de mesures électriques pour équilibrer les capacités, et à un certain moment trois équipes munies de voitures automobiles ont été utilisées simultanément. On a employé des systèmes d'échelle double, ou de pylônes remorques avec bâches pour permettre aux ouvriers de travailler commodément à ces soudures (fig. 5).

Résultats. — Les inconvénients présentés par l'emploi du câble aérien ne peuvent se préciser qu'après un certain temps : l'usure du câble par frottement, la détérioration des supports métalliques, les variations de la ligne avec la température ne seront, en effet, appréciables qu'après une période d'utilisation d'une ou deux années.

Bornons-nous à ce sujet à faire remarquer que l'expérience se présentait dans des conditions défavorables. En effet, dans les lignes à grande distance, en Amérique comme en France, on utilisera en général de larges routes, ayant de très longues parties rectilignes et des pentes extrêmement douces ; ici il s'agissait de relier deux stations situées dans des régions écartées des grandes voies de communications, et il fallait, par suite, adopter des parcours tortueux (fig. 6), à pentes raides.

Ajoutons que dans tous les abords de la vallée de l'Yerres, du plateau de Villecresnes au sud de Lieusaint, le sol est argileux et qu'il se produit sans cesse des glissements. Une grande partie de cette section de ligne se trouve sur un plateau découvert et sa direction générale étant nord-sud, l'effort du vent d'ouest s'applique sans réduction d'angle. Il était donc inévitable que cette ligne, posée d'ailleurs en hiver et en très peu de temps, eût besoin sur certains points d'une légère revision, mais sa solidité s'est manifestée au cours des violentes tempêtes de mars et d'avril et il est intéressant de noter qu'un arbre est tombé sur le câble porteur dans la forêt de Gros-Bois sans provoquer d'accident.

Un autre résultat intéressant est le suivant : la plupart de ceux qui envisagent l'emploi des câbles aériens redoutaient que ce long et large ruban se déroulant à travers la campagne ne nuise sérieusement à l'aspect des paysages ; sans aller jusqu'à trouver qu'il ajoute à leur beauté, nous pouvons dire vraiment que le câble n'est pas inférieur à ce point de vue aux lignes télégraphiques ou de transmission d'énergie. Sans doute les fils télégraphiques sont plus fins, mais on doit en mettre 28 pour tenir lieu d'un seul câble et la ligne à 8 m hors-sol au lieu de 5 m. La figure 7 montre deux lignes parallèles, l'une en câbles comprenant 56 fils, l'autre en fils nus supportant seulement 28 conducteurs.

Digitized by Google

Au point de vue électrique, les valeurs trouvées pour le coefficient d'affaiblissement ont été inférieure au maximum prévu ; 0,0148 par kilomètre, au lieu de 0,0178. L'affaiblissement des circuits combinés non pupinisés a été également réduit (0,012 au lieu de 0,054) Le timbre de la voix sur les circuits téléphoniques était très clair; les mesures faites ont montrées qu'à la fréquence de 1200 p : s, l'affaiblissement total s'était élevé à 0,80 soit un accroissement de 14,3 pour 100 par rapport aux essais faits avec une fréquence de 800 p : s. Si le câble n'avait pas été pupinisé cet accroissement aurait été de 21 pour 100 environ.

Enfin, le résultat particulièrement intéressant est relatif aux influences réciproques. D'abord on a constaté que les influences entre communications télégraphiques était extrêmement faibles, même quand le retour se faisait par la terre. Cette disposition a été effectivement utilisée ce qui permettra de recevoir 14 communications télégraphiques simultanées en plus des 14 communications téléphoniques. D'autre part, la transmission télégraphique n'est pratiquement pas perceptible au téléphone, soit sur les circuits utilisant, par un montage approprié, les conducteurs télégraphiques eux-mêmes, soit sur les autres paires du câble.

L. Cahen,
Ingénieur en chef des Postes, Télégraphes et Téléphones.

Revues, analyses et informations

La bobine de mise à la terre de Petersen (1).

Les arcs à la terre accidentels sur les lignes constituent le principal problème à résoudre dans la transmission de l'énergie électrique à longue distance. On a fait usage, mais dans des cas peu nombreux, d'extincteurs d'arcs de mise à la terre. Cet appareil consiste en un interrupteur placé à la station centrale, qui se ferme automatiquement en parallèle avec l'arc accidentel, lorsque celui-ci se produit en un point quelconque du réseau L'arc, ainsi shunté, s'éteint. Cette méthode n'est pas encore au point.

Le présent article contient l'ensemble des résultats d'expériences faites sur un appareil entièrement nouveau, proposé par Petersen. C'est une réactance convenable montée entre le point neutre du circuit et la terre. On donne, à cette réactance, une valeur telle qu'elle neutralise la capacitance des circuits quand une terre accidentelle se produit sur une phase. A ce moment, la réactance se trouve en parallèle avec les capacitances actives et, par suite, il ne passe dans ce circuit d'inductance et de capacitance en parallèle que le courant correspondant à la perte d'énergie dans cette combinaison. La figure 4, comme on le verra, représente les conditions équivalentes simplifiées. C'est ce courant d'énergie, qu'on peut rendre très faible, qui s'écoule à la terre par l'arc accidentel. Dans des conditions favorables, cet arc s'éteindra, parce qu'il ne passe dans le défaut que l'énergie nécessaire pour alimenter les pertes du circuit résonant. Si ces pertes sont faibles, l'énergie qui passe dans le défaut sera insuffisante pour alimenter un arc et la tension du système résonant tombera graduellement à zéro, tandis que la tension entre le fil intéressé et le sol s'élève peu à peu à la valeur normale.

Si l'on compare les diverses méthodes de mise à la terre et leur effet sur l'exploitation d'un réseau, la terre directe et la terre de faible résistance ont la première et la deuxième place au point de vue des avantages. Il y a d'ailleurs peu de différence à faire entre elles. La troisième place sera occupée soit par la bobine de terre de Petersen, soit par la terre de résistance critique (voir plus loin), ces deux procédés ayant des avantages et des inconvénients à peu près semblables.

(1) R.-N Coxwell et R.-D. Evans. *Journal of the A. I. E. E.* février 1922, t. XLI, p. 140-148, 6 000 mots, 13 figures.

Théorie. — La bobine de mise à la terre est applicable aux réseaux monophasés et polyphasés où l'on peut établir un point neutre.

Considérons d'abord un réseau monophasé, représenté schématiquement dans la figure 1, avec un alternateur G,

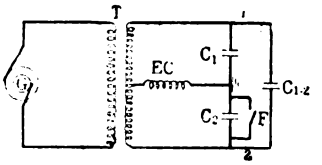


Fig. 1. — Application d'une bobine de terre (EC) à un circuit monophasé. La fermeture de l'interrupteur F équivaut à une terre accidentelle sur le fil 2 et court-circuite sa capacitance.

un transformateur T, la capacité entre les fils 1 et 2, C_{1-2}, les capacités entre le fil 1 et la terre et entre le fil 2 et la terre, C_1 et C_2, et une bobine de terre EC. Un contact à la terre sur le fil 2 court-circuite le condensateur C_2 et le réseau peut alors être représenté par la figure 2. Ce nouveau

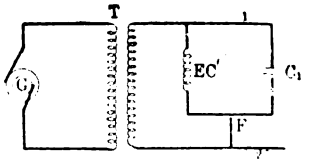


Fig. 2. — Simplification de la figure 1 quand le fil 2 est mis à la terre. La tension sur la capacitance entre les fils 1 et 2 reste constante, mais la tension entre le fil 1 et le sol s'est élevée de la demi-tension composée à la tension composée.

schéma montre que le courant de charge de la capacité C_{1-2} passe dans les fils 1 et 2 comme auparavant, mais que le courant de charge de la capacité C_1, passe dans la bobine de terre EC, le défaut et le fil 1. Le courant d'excitation de la bobine de terre EC passe dans le fil 2, le défaut et la bobine, en formant avec la capacité C_1 un circuit résonant qu'on règle pour la résonance à la fréquence de l'onde fondamentale d'énergie. En pratique, les courants allant au sol par la bobine de terre et par la capacité C_1 sont de forte intensité,

Digitized by Google

mais comme ces courants sont presque en opposition (fig. 3), la résultante, qui est l'intensité dans le défaut, est relativement faible et sa valeur est déterminée par celle des pertes d'énergie dans le circuit résonant.

Les conditions de résonance d'une réactance et d'un con-

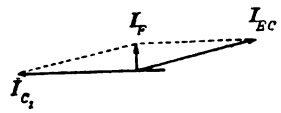


Fig. 3. — Courant dans la bobine de terre (EC), courant dans la capacitance du fil 1, et leur courant résultant (I_F).

densateur en parallèle se voient plus clairement dans la figure 4, où la bobine de terre est remplacée par une réac-

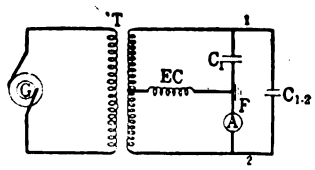


Fig. 4. — Diagramme simplifié de la figure 2.

tance équivalente, absorbant la même intensité et montée entre les deux lignes.

La figure 5, représente un réseau triphasé avec transformateur monté en étoile et bobine de terre. En cas de défaut

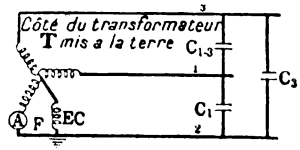


Fig. 5. — Application de la bobine de terre (EC) à un circuit triphasé, avec le fil 2 mis à la terre.

à la terre, ce réseau se trouve dans les mêmes conditions que le réseau monophasé de la figure 4, mais ici la bobine de terre doit résoner avec la somme des courants passent dans les capacités C_1 et C_3.

Pour faire résoner la bobine de terre avec les capacités ligne-sol dans les conditions réelles d'exploitation, on peut monter un ampèremètre comme l'indique la figure 2 et en

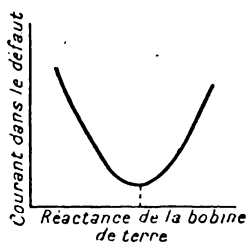


Fig. 6. — Le point le plus bas de la courbe de courant correspond à la valeur de la réactance qui fait résonance avec la capacité en parallèle.

mettant un fil de phase à la terre, ajuster la réactance de la bobine pour le courant minimum (fig. 6).

Fonctionnement — *Effets de la résonance et de la perte d'énergie.* — Les conditions les plus favorables pour le bon fonctionnement de la bobine de terre, c'est-à-dire pour la suppression des arcs de mise à la terre, sont une résonance parfaite et de faibles pertes d'énergie dans le circuit résonant. Dans ces conditions, la tension dans le défaut, qui est la différence entre la tension d'alimentation et la tension du circuit résonant, s'élève graduellement jusqu'à la tension normale par rapport au sol. Quand le courant dans le défaut s'interrompt, parce que l'intensité est insuffisante pour entretenir un arc, les deux tensions ont les rapports de grandeur et de phase qu'indique la figure 7. La tension du cir-

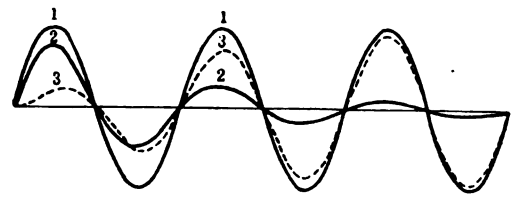


Fig. 7. — 1, Tension d'alimentation; 2, tension de résonance; 3, tension dans le défaut. Quand le courant dans le défaut se coupe, la tension dans le défaut s'élève graduellement et atteint la valeur normale après quelques périodes. (Voir la courbe pointillée.)

cuit résonant est alors ramenée graduellement à zéro par la dissipation d'énergie, et la tension entre le fil précédemment défectueux et le sol s'élève graduellement à la valeur normale.

Les principaux avantages de la bobine de terre de Petersen sont dus à deux caractéristiques : la faible intensité dans le défaut, et l'élévation graduelle de la tension dans les lignes à la valeur normale après l'extinction d'un arc. Cette bobine garantit contre les dangers des arcs de mise à la terre parce qu'elle empêche l'action cumulative des arcs successifs et, par suite, la naissance de hautes tensions. Avec une résonance parfaite, mais des pertes élevées, le fonctionnement est tel qu'on vient de le décrire, sauf que le courant dans le défaut est beaucoup plus intense et peut l'être assez pour entretenir un arc ; les avantages de la méthode disparaissent alors.

Effets de la dissonance avec pertes d'énergie. — Quand il y a dissonance, avec des pertes soit faibles, soit élevées, le circuit résonant a une fréquence naturelle différente de celle

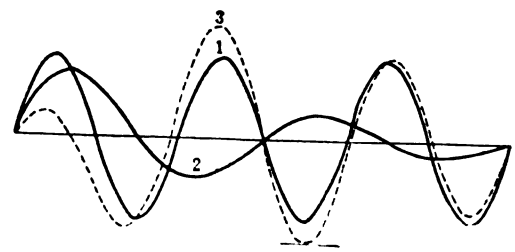


Fig. 8. — 1, Tension d'alimentation; 2, tension de résonance, 3, tension dans le défaut. On voit que la tension au défaut; (onde en pointillé) s'élève au-dessus de la tension normale dans la seconde période après que l'arc au défaut s'est éteint.

d'alimentation, donc la tension au défaut peut s'élever à une valeur légèrement moindre que le double de la tension étoilée dans une intervalle de quelques périodes, comme le montre la figure 8 Cette tension peut même être plus forte que celle qui a donné naissance au défaut et par suite peut

Digitized by Google

entretenir une série d'arcs. Les effets de ces arcs peuvent s'accumuler et donner lieu à des tensions excessives.

La dissonance et la perte d'énergie ont toutes deux pour effet d'accroître le courant dans le défaut et peuvent ainsi entretenir un arc. Dans ce cas, le fil de transmission ou l'isolant seront probablement endommagés au point de mettre la ligne hors service.

Tension entre les conducteurs sains et le sol. — Quand une terre sans arc se produit sur un fil, la tension entre les conducteurs sains et le sol s'élève de la valeur étoilée à la valeur triangle. Mais s'il y a un arc avec extinctions et rallumages, la tension passagère peut s'élever jusqu'un peu au-dessous du double de la valeur en triangle. Cette tension élevée résulte d'une redistribution d'énergie dans le circuit résonant à l'instant où se produit le défaut.

Des essais de laboratoire sur une ligne artificielle ont montré qu'en cas de défaut la tension des conducteurs sains s'élèvera, dans des conditions extrêmes, à 250 pour 100 et davantage, de la tension normale. Avec le dispositif que représente la figure 9, l'application d'un défaut à l'interrup-

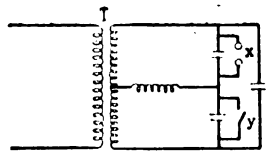


Fig. 9. — Montage d'une ligne artificielle essayée au laboratoire. Quand on produisait un défaut par l'interrupteur y, la tension dans l'éclateur à sphères x s'élevait à deux fois et demi la valeur normale.

teur y produit les hautes tensions que mesure l'éclateur à boules x. A ce point de vue, le réseau avec bobine de terre fonctionne comme un réseau à neutre isolé.

Circuit résonant en série. — Le réseau peut aussi être considéré comme un circuit résonant en série (fig. 1) où le courant passe par la bobine de terre EC, se partage également dans le transformateur T, passe dans les deux fils de ligne et de là au sol par leurs capacités respectives C_1 et C_2. Toute tension induite en série avec ce circuit série résonant produira un courant limité seulement par les pertes du circuit. La tension qui peut apparaître entre le neutre du réseau et le sol est déterminée par l'impédance de la bobine de terre et le courant qui y passe.

Des tensions peuvent être induites dans le circuit résonant en série par une autre ligne de transmission, par des décharges de foudre, par l'induction mutuelle, par des dyssymétries d'impédance en charge, par des inégalités de capacités entre lignes et sol, ou des conditions anormales telles qu'un court-circuit ou une rupture de circuit sur une seule phase. La tension induite peut n'être qu'un faible pourcentage de la tension étoilée, mais si la résistance du circuit est faible et si la résonance se produit, la tension entre un conducteur et le sol peut être plusieurs fois plus grande que la tension étoilée.

Les rotations de phase en nombre suffisant et leur équilibrage sont donc indispensables dans un réseau où l'on veut employer la bobine Petersen.

Maintien de la résonance. — La condition nécessaire pour le bon fonctionnement de la bobine de Petersen, c'est-à-dire résonance et pertes faibles, est difficile à maintenir dans un réseau composé d'un nombre variable de feeders en parallèle. Il faut alors des réactances réglables. On peut avoir une bobine générale pourvue de prises de courant, de façon à pouvoir régler l'inductance pour chaque variation de la capacité en ligne, ou bien accoupler à chaque feeder une bobine de terre individuelle. Une telle complication, qui exige une mise à la terre sur chaque feeder, n'est guère admissible.

Protection contre la foudre. — L'installation de la bobine de Petersen oblige à changer le réglage des parafoudres du réseau. Dans un réseau avec point neutre à la terre, les parafoudres sont réglés de façon à ne pas fonctionner sous la tension étoilée par temps pluvieux. Avec la bobine de terre, il faut ou bien diminuer la protection en réglant les parafoudres pour une tension supérieure à la tension composée, ou bien mettre les parafoudres hors service quand un fil de ligne se met à la terre. Aucune de ces pratiques n'est recommandable.

L'insertion d'une impédance quelconque entre le point neutre d'un réseau et la terre a pour effet d'introduire une différence de potentiel entre ce neutre et le sol pendant les phénomènes anormaux. Le réseau est donc soumis dans ces cas à des tensions plus fortes que si le neutre est mis directement à la terre.

Rôle protecteur des relais. — Les systèmes modernes de relais isolent automatiquement un feeder à la terre grâce aux petites différences, en grandeur et en phase, entre les courants du cas anormal et ceux de l'état normal. Mais si l'on installe une bobine de Petersen, cet effet ne peut plus se produire. Il existe des appareils qui indiquent quelle phase est à la terre, mais on aura beaucoup de difficulté à déterminer immédiatement sur quel feeder est le défaut.

Effet sur l'isolement des réseaux. La bobine de Petersen ne peut pas s'appliquer aux réseaux ayant des transformateurs à isolation graduée, parce que, quand un fil se met à la terre, la tension des autres par rapport au sol s'élève à la valeur de la tension entre phases, ni aux réseaux où l'on emploie des autotransformateurs, à cause des tensions excessives que subiraient les enroulements à basse tension en cas de terre du côté à haute tension.

Par rapport à la méthode de la terre directe sur le neutre, l'adoption de la bobine de résonance augmenterait les contraintes de tension subies par les isolateurs, les câbles et les disjoncteurs.

Essais de fonctionnement. — Ces essais ont porté sur un réseau triphasé à 46 400 v, 60 p : s, comprenant cinq lignes d'un développement total de 96,5 km. On a mesuré les courants de capacité du réseau obtenus en mettant en service diverses combinaisons de lignes, ces courants varient de 5,9 à 11 A suivant les combinaisons.

Bobine de terre d'inductance variable. — Il a fallu installer au point neutre, pour obtenir la résonance avec la capacitance du réseau, une réactance d'environ 1 450 ohms, pouvant absorber environ 100 kv-a. On l'a réalisée au moyen d'une combinaison de transformateurs, dont certains à rapport variable, et d'une réactance de feeders. On ajustait la réactance à la valeur voulue par changement des rapports de transformation et de la réactance de feeder employée.

On a ajusté la bobine de terre de façon à la faire résoner pour 10,5 A, ce qui est la valeur du courant de capacité avec quatre feeders en service. En laissant constante la réactance de la bobine de terre et en changeant le nombre de lignes en service, on pouvait obtenir une dissonance de + 7 pour 100 (courant de capacité égal à 11,2 A) ou une dissonance de — 44 pour 100. Quand la résonance était réalisée, le courant résiduel était de 2,7 A, tandis qu'il passait à 11,9 A dans la bobine de terre.

Digitized by Google

On a relevé des oscillographies pour reconnaître l'aptitude de la bobine de Petersen à éteindre les arcs à la terre et pour se rendre compte de son fonctionnement pendant la période transitoire. Un défaut était pratiqué sur la phase n° 1 d'un feeder du côté générateur, avec diverses combinaisons de lignes en service. La figure 10 représente une de

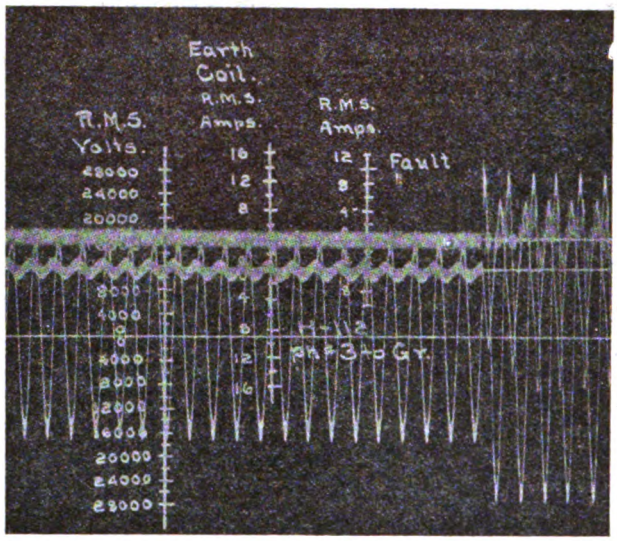


Fig. 10. — Oscillogramme montrant les variations subites des courants et de la tension qui se sont manifestées au moment d'un contact à la terre. Earth Coil, bobine de terre ; Fault, défaut ; R. M. S. volts, tension efficace ; R. M. S. amps, intensité efficace.

ces oscillographies. Dans cet essai, la bobine a la valeur de résonance. On voit sur la figure les variations subites des courants et de la tension qui se sont produites au moment de la mise à la terre. La courbe supérieure (échelle de droite) est celle du courant dans le défaut ; ce courant se présente comme une ligne de zéro élargie jusqu'au moment de la mise à la terre, la déviation s'élève alors jusqu'à une valeur de crête d'environ 7 A. La courbe du milieu (échelle médiane) est celle du courant dans la bobine de terre. Ce courant a une valeur de crête d'environ 1,5 A (petite onde formée d'un trait épais), même pour un isolement normal des trois phases. Ce courant est dû au déséquilibre des phases. Quand on met la phase 1 à la terre, ce courant s'élève à une valeur moyenne constante d'environ 16 A. La courbe inférieure (échelle de gauche) représente la tension par rapport à la terre d'une des deux autres phases, la phase 3. Quand on met la phase 1 à la terre, cette tension de la phase 3 s'élève de la valeur étoilée à la valeur composée.

Des essais effectués avec des dissonances de + 7 pour 100 et de — 44 pour 100, ont montré que par temps sec, une variation considérable du nombre des lignes en service n'empêchait pas l'efficacité de la bobine de terre pour la suppression des arcs.

On a essayé d'entretenir une série d'arcs continue en faisant aller et venir, à une distance assez faible pour l'amorçage, le couteau de l'interrupteur au moyen duquel on créait le défaut. Cet essai a été fait avec une dissonance de + 7 pour 100 et par un temps humide. Dans ces conditions, un arc dynamique se maintenait, il était long de deux pouces et large de plusieurs pouces (1 pouce = 2,54 cm). On pouvait voir que c'était en réalité une succession d'arcs. La valeur maximum du courant dans le défaut était alors de 80 à 100 A, le courant dans la bobine de terre dépassait probablement 70 A. L'intensité du courant dans la bobine de terre indiquait que la tension entre neutre et sol avait environ 1,3 fois sa valeur normale.

Comparaison des méthodes employées pour la mise a la terre du point neutre des réseaux. — L'auteur considère les cinq méthodes usitées pour la mise à la terre du point neutre et on donnera l'ordre de préférence qu'on leur attribue aux points de vue suivants : contraintes de tension, contraintes de courant, fonctionnement des relais, continuité du service et dépenses nécessitées par chacune d'elles. Les cinq méthodes sont les suivantes :

v. *Terre franche.* — Le point neutre est relié directement à la plaque de terre sans installation de résistance ni de réactance.

w. *Terre de faible résistance.* — Le point neutre est mis à la terre par l'intermédiaire d'une résistance de 2 à 4 ohms.

x. *Terre de résistance critique.* — Le point neutre est relié à la terre par une résistance ayant la valeur critique nécessaire pour amortir l'oscillation naturelle du réseau. C'est, en général, une forte résistance en comparaison de celle du cas précédent.

y. *Bobine de Petersen* — Mise à la terre du point neutre par une réactance de valeur telle, qu'elle résonne à la fréquence fondamentale avec la capacité du réseau par rapport à la terre.

z. *Résistance infinie entre le point neutre et la terre.* — C'est le cas du réseau à point neutre isolé.

Effet sur	Ordre de préférence				
	1	2	3	4	5
A. Les contraintes de tension :					
(*a*) A la fréquence normale. . . .	v	w	x, y, z		
(*b*) Dues aux arcs à la terre, ...	x, y	v, w	z		
(*c*) Causées par la foudre	v	w, x	y, z		
B. Les contraintes de courant . . .	z	x, y	w	v	
C. Le fonctionnement des relais.	v	w	x, y, z		
D. La continuité du service	v	w	x	y	z
E. Les dépenses :					
(*a*) Isolation du réseau	v	w	x, y	z	
(*b*) Appareils de mise à la terre.	z	v	x	w	y

A. Contraintes de tension. — *(a) A la fréquence normale*, la terre franche limite toute contrainte de tension à un minimum constant égal à 50 pour 100 environ de celle qui peut se produire avec toute autre forme de mise à la terre. Avec la terre de faible résistance, la contrainte de tension aux bornes des transformateurs peut être un peu moindre que la tension entre fils.

(b) Dues aux arcs à la terre. — Dans des conditions favorables, qui sont celles qu'on a admises dans le tableau de comparaison, la terre de résistance critique et la bobine de Petersen paraissent être les procédés les plus recommandables pour la suppression des arcs de mise à la terre. Dans des conditions défavorables, la bobine de terre ne mérite pas la première place, parce qu'elle peut donner lieu à des tensions excessives par l'effet cumulatif d'une série d'arcs. En tout cas, la pratique montre que tout système de mise à la terre suffit à réduire les troubles causés par les arcs à la terre. Beaucoup de compagnies préfèrent mettre le neutre directe-

Digitized by Google

ment à la terre et isoler le feeder sur lequel se produit le défaut.

(c) *Dues à la foudre.* — Trois facteurs sont à considérer dans la protection contre la foudre. L'insertion d'une impédance quelconque entre le point neutre du réseau et le sol tend à faire naître des contraintes de tension additionnelles dans les transformateurs et autres appareils. A ce point de vue, il faut donner la préférence à la mise à la terre directe et mettre au dernier rang la bobine de Petersen et le neutre isolé. Un second facteur est l'effet de la résistance critique qui amortit les oscillations naturelles. Un troisième facteur est le réglage des parafoudres. Avec la terre franche sur le neutre, on peut régler le parafoudre à peu près pour la tension étoilée, tandis qu'avec les autres méthodes il faut le régler pour la tension composée.

B. *Contraintes de courant.* — Les contraintes de courant exercées sur le matériel par des courants allant au sol à travers un défaut sont évidemment nulles avec le neutre isolé et maxima avec la terre directe. Avec un système de mise à la terre permettant d'assurer une protection adéquate par les relais, un défaut entre ligne et terre ne doit pas donner lieu à un défaut entre lignes ; l'insertion d'une impédance dans la connexion neutre-terre réduira donc l'épreuve imposée aux disjoncteurs.

C. *Fonctionnement des relais.* — La sûreté de fonctionnement des relais dépend de la valeur et de l'uniformité des caractères utilisés pour la sélection des lignes défectueuses. Il faut donc préférer la terre franche, puisque les différences qu'on rencontre dans les résistances des défauts peuvent abaisser l'intensité à des valeurs telles que le fonctionnement des relais devienne défectueux si l'on a installé une résistance ou autre dispositif limitant le courant.

D. *Continuité du service.* — Deux choses sont nécessaires pour assurer la continuité du service : d'abord empêcher ou diminuer les perturbations qui peuvent endommager le matériel (lignes, machines et appareils) ; ensuite maintenir l'isolation du matériel en cas de perturbation.

Comme les moyens d'empêcher la naissance des troubles dans les réseaux n'ont pas progressé autant que le rôle protecteur des relais, la plupart des compagnies de distribution préfèrent recourir à la seconde méthode. On préfère donc la terre franche, qui permet d'utiliser les valeurs entières des intensités pour l'action sélective des relais. Mais, en exploitation, on éprouve certaines difficultés à maintenir en phase les machines synchrones après qu'un défaut a été éliminé dans un réseau à terre franche Aussi intercale-t-on généralement une faible résistance entre neutre et sol. L'introduction d'une impédance quelconque dans la connexion du neutre tend à limiter la déformation du triangle des tensions en cas d'une terre sur un conducteur et par là à maintenir en phase les machines asynchrones.

E. *Dépenses.* (a) *Isolement.* — Théoriquement, il y aura une différence dans le coût d'isolation d'un réseau en faveur de la terre franche. On a mis ce fait à profit, excepté pour les réseaux à haute tension, les compagnies préférant alors accroître le facteur de sécurité.

(b) *Dispositifs de mise à la terre.* — Ce système du point neutre isolé est naturellement le moins coûteux à ce point de vue et celui de la terre franche vient ensuite ; la bobine de Petersen est au dernier rang, surtout s'il est nécessaire d'avoir des réactances associées avec chaque feeder.

Conclusions. — Les avantages de la bobine de Petersen sont : 1° l'élimination des arcs à la terre si les conditions sont favorables ; 2° la diminution des dommages aux isolateurs ; 3° la faiblesse du courant à la terre en cas de défaut.

Ses inconvénients sont : 1° les hauts potentiels entre ligne et sol dus à la résonance en série ; 2° l'entretien d'une série d'arcs si les conditions sont défavorables, c'est-à-dire s'il y a résonance et pertes élevées, ou grande dissonance et pertes de valeur quelconque ; 3° la difficulté de faire opérer la sélection de la ligne défectueuse par les relais ; 4° l'augmentation du danger dû à la foudre parce qu'il faut régler les parafoudres pour une tension élevée ; 5° l'obligation d'accroître l'isolation du réseau à cause du déplacement du potentiel du neutre par les phénomènes anormaux et les ondes passagères.

D'après le tableau reproduit plus haut, les différentes méthodes de mise à la terre se classent ainsi, en commençant par la plus recommandable : 1° la terre franche ; 2° la terre par connexion de faible résistance ; 3° la terre par connexion de résistance critique ou la bobine de Petersen Il n'y a que peu de différence à faire entre la terre franche et la terre de faible résistance ; le choix entre elles sera déterminé par les conditions locales. L'une ou l'autre est généralement préférable à la terre de résistance critique ou à la bobine de Petersen.

On a signalé de nombreuses difficultés techniques dues à la bobine de résonance, et certaines d'entre elles, telles que les fortes surtensions dues à la résonance en série, ont donné lieu à de sérieuses interruptions de service dans certains réseaux d'Europe. — P. L.

Le radiogoniomètre et son application à la navigation (1).

On accorde actuellement, dans les milieux maritimes, beaucoup d'importance à la question du matériel de radiogoniométrie avec lequel un navire peut déterminer sa position, rapidement et de façon précise. La question est maintenant à l'étude dans divers pays, car le radiogoniomètre permet de réduire les retards causés par la brume aux navires à l'entrée des ports et, en cas de naufrage, donne la possibilité de sauver équipage et passagers On sait que le radiogoniomètre indique de façon simple la direction d'une station émettrice ; il remplace avantageusement, par temps de brume, les signaux optiques ou acoustiques qui sont d'ailleurs d'une portée bien plus faible. Le Ministère du Commerce américain vient d'adopter un système de radiogoniométrie très simple, pratique et très sûr. Ce système a été imaginé par le Bureau of Standards, en coopération avec le Bureau des Phares. Les premiers essais de cet appareil ont été faits avec un cadre en bois de 1,20 m de côté sur lequel sont enroulés dix spires de fil de cuivre isolé, et qui est monté de façon à tourner autour d'un axe vertical Un dispositif récepteur approprié est employé avec ce cadre ; dans les installations récentes, il est constitué par un condensateur d'accord à air, variable, un condensateur de compensation pour augmenter la précision des relèvements obtenus, un amplificateur à lampes avec trois étages d'amplification à radiofréquence, un détecteur et deux étages d'amplification à fréquence acoustique, enfin des batteries d'accumulateurs et des récepteurs téléphoniques. Quand on fait tourner le cadre autour de son axe vertical, l'intensité du signal reçu diminue jusqu'à un minimum qui a lieu exactement quand le plan du cadre est perpendiculaire à la direction de la station émettrice. On lit alors l'inclinaison du cadre, au moyen d'une graduation convenable, qui peut être soit une graduation fixe, soit la rose des vents d'un compas magnétique. En mettant au point ce

(1) Frédéric A. Kolster et Francis W. Dunmore. *Scientific Papers of the Bureau of Standards*, 16 janvier 1922, n° 428, p. 529-566, 10 000 mots, 49 fig.

Digitized by Google

système de radiogoniomètre, le Bureau of Standards a étudié à terre les effets de distorsion qui peuvent résulter de la présence de masses métalliques voisines et importantes telles qu'un monument, une antenne .. etc. ; il s'est efforcé de déterminer les moyens d'éliminer les erreurs qu'une telle distorsion peut causer dans les relèvements observés.

Une étude particulière a été faite au sujet des effets de distorsion à bord des navires et l'on a imaginé des méthodes de correction et des perfectionnements rendant possible l'emploi de cet appareil sur les navires, pour permettre au navigateur de prendre rapidement le relèvement de stations terrestres spéciales. Nous rappelons, qu'en effet certains préconisent l'emploi du radiogoniomètre à bord des navires, tandis que d'autres, au contraire, veulent qu'ils soient installés à terre. Dans ce dernier cas, le navire envoie des signaux aux stations côtières qui, à leur tour, renseignent radiotélégraphiquement le navire sur sa position.

Les retards et les erreurs de transmission sont un inconvénient très grave de cette conception. Le radiogoniomètre employé par le Ministère du Commerce américain comporte plusieurs caractéristiques nouvelles : il est construit pour être installé sur l'habitacle portant la rose du compas magnétique, de sorte que les relèvements sont obtenus directement sur la rose de ce compas. Une graduation supplémentaire est fixée au sommet de l'habitacle et porte les corrections obtenues par étalonnage du radiogoniomètre. On obtient ainsi commodément et rapidement les relèvements corrigés. Les appareils électriques sont conçus de façon à réduire au minimum les opérations nécessaires : il suffit de régler le groupe récepteur et de faire pivoter le cadre. Des stations émettrices peuvent être installées facilement sur les phares et sur les bateaux-feux et l'appareil émetteur peut être construit de façon à fonctionner automatiquement par la simple manœuvre d'un commutateur, de sorte qu'aucun personnel supplémentaire n'est nécessaire, l'appareil pouvant être mis en marche par le gardien du phare. La dépense de fonctionnement est ainsi très faible. Trois postes émetteurs de ce genre ont été installés aux approches de New-York : sur le bateau-feu d'Ambrose, sur celui de Fire-Island et sur le phare de Sea-Girt ; ces trois postes sont actuellement en service et émettent des signaux de 1 000 m de longueur d'onde. Un quatrième poste va être établi sur le bateau-feu de San Francisco. Toutes ces installations fonctionnent automatiquement. Le Bulletin du Bureau of Standards décrit ce système de radiogoniométrie et donne de nombreuses photographies s'y rapportant ; des exemples d'utilisation du système sont indiqués et montrent comment un navire peut utiliser les relèvements des trois bateaux-feu ci-dessus pour entrer dans le port de New-York. L'auteur conclut de cette étude que la méthode inverse, consistant pour un navire à demander à une station terrestre sa position calculée d'après les signaux qu'il émet, est dangereuse et doit être écartée. Il demande que de nouvelles stations émettrices soient établies aussitôt que possible sur les côtes de l'Atlantique et du Pacifique. — G. M.

Code de l'éclairage (1).

Il s'agit du code qui fut institué par The Illuminating Engineering Society en 1913 et remanié en 1918. Depuis la première publication, la plupart de ses règles furent adoptées, en Amérique, par plusieurs Etats. Le développement récent de la science de l'éclairage et l'expérience acquise par l'application générale du premier code ont rendu nécessaire la revision des paragraphes concernant l'éclat et l'intensité de la lumière, les règles primitives ayant donné lieu à de véritables difficultés d'applications.

Le nouveau code a été divisé en trois parties : la première est l'exposé des règles à suivre; la deuxième comprend l'ensemble des indications pratiques se rapportant à chacune des règles précédentes; dans la troisième, enfin, sont indiqués tout au long les avantages procurés par un éclairage rationnel, aussi bien pour la lumière naturelle, que pour l'éclairage artificiel.

1re partie. — La première règle est relative à l'éclairement; elle donne, dans un tableau assez complet, l'éclairement minimum à réaliser dans les divers endroits, depuis les chaussées et les grands espaces demandant peu de lumière, jusqu'aux endroits où un éclairage particulièrement intense est indispensable, une bonne vision de tous les détails étant alors essentielle (travaux d'horlogerie, etc.). Une deuxième règle porte sur la nécessité d'éviter les grands éclats de lumière et de bien distribuer et diffuser celle-ci. Un dernier paragraphe se rapporte aux parties des locaux servant aux entrées et sorties, qui sont traités à part.

2e partie. — Elle débute par un nouveau tableau, encore plus détaillé que le précédent donnant cette fois les valeurs pratiques à adopter pour avoir un éclairement satisfaisant; tous les locaux, tant pour l'extérieur que pour l'intérieur, ainsi que les différentes industries paraissent avoir été envisagés. Après une étude sur les bonnes dispositions d'éclairage naturel, viennent des considérations générales sur les inconvénients des sources trop intenses et des indications sur la bonne répartition de la lumière; plusieurs photographies se rapportant à l'éclairage de locaux variés illustrent ces indications.

On trouve ensuite des tableaux destinés au classement des différentes sources lumineuses considérées au point de vue de l'éclat. Deux derniers tableaux font intervenir la position de la lampe par rapport à l'observateur. Quelques considérations pratiques sur la distribution de l'éclairage dans les entrées et sorties de personnel terminent ce paragraphe. On signale notamment l'importance, tant au point de vue de la commodité qu'à celui de la sécurité, de constituer cet éclairage par des circuits spéciaux, indépendants des circuits électriques alimentant les salles de travail et pourvues de fusibles et d'interrupteurs particuliers.

3e partie. — Cette dernière partie rappelle les nombreux avantages d'un éclairage judicieusement établi :

1° La réduction du nombre des accidents ;

2° Une plus grande exactitude dans le travail des ouvriers ;

3° Un accroissement de la production pour un même travail effectif ;

4° La conservation de la vue ;

5° Une impression de bien-être pour le travailleur ;

6° Une plus grande facilité d'ordre et de propreté ;

7° La surveillance des locaux et celle du travail rendues plus aisées.

Tous ces avantages se traduisent, en définitive, par un meilleur fonctionnement et par un gain d'argent. Un exemple concret qui termine ce travail montre l'économie réalisée dans un atelier par le seul fait d'une bonne répartition de la lumière. — B. E.

(1) Report of the Committee on Lighting Legislation, *Transactions of the Illuminating Engineering Society*, 20 novembre 1921 ; t. XVI, p. 359-397, 13 000 mots, 16 figures, 6 tableaux.

Digitized by Google

SECTION ÉCONOMIQUE & FINANCIÈRE

Importations et exportations françaises

de matériel électrique, produits électrométallurgiques et électrochimiques.

L'examen du tableau I nous montre, pour les quatre premiers mois de l'année en cours, une supériorité générale des exportations de matériel électrique sur les importations de 30 874 000 fr et de 18252 quintaux. Les

Tableau I. — Matériel électrique.

CHIFFRES EXTRAITS DE LA STATISTIQUE DOUANIÈRE FRANÇAISE CONCERNANT LE COMMERCE SPÉCIAL POUR LES QUATRE PREMIERS MOIS DE 1920, 1921 ET 1922.

PAGES DES DOCUMENTS OFFICIELS		DÉSIGNATIONS	QUANTITÉS EXPRIMÉES EN QUINTAUX MÉTRIQUES 1922	1921	1920	VALEURS EXPRIMÉES EN MILLIERS DE FRANCS 1922	1921	1920
105	IMPORTATIONS	I. Machines dynamo-électriques : pesant 1 000 kg et plus	11 131	17 157	12 007	6 887	14 875	12 007
		— 50 kg et moins de 1 000 kg.	2 348	8 971	5 454	2 606	12 084	6 545
		— moins de 50 kg	1 041	1 480	2 033	2 301	2 918	3 456
		II. Appareils électriques et électrotechniques : avec enroulement de fil métal. isolé.	1 897	4 303	2 455	4 846	10 461	17 185
		sans enroulement	1 342	3 082	2 454	2 209	7 754	10 307
105		III. Bâtis et carcasses de dynamos et moteurs électriques	45	1 690	17	22	676	8
91		IV. Lampes électriques à incandescence : à filament de charbon, avec monture	1	31	4	6	224	16
		à filament métallique, id	694	1 225	1 034	5 793	9 534	11 374
		sans monture	22	16		232	235	
105		V. Lampes à arc et pièces détachées en fer ou en acier	18	23	30	26	52	66
88		VI. Charbons préparés pour usages industriels	430	922	3 601	235	654	2 881
105		VII. Fils et câbles isolés pour l'électricité	421	2 189	2 080	448	4 748	2 080
106		VIII. Induits de machines dynamo-électriques et pièces détachées pour appareils électriques	1 349	3 044	2 050	2 248	8 742	6 150
106		IX. Aimants autres que les électro-aimants	90	28	1	19	25	1
109		X. Accumulateurs et pièces détachées	1 162	1 354	722	300	349	430
109		XI. Piles sèches	48	47	156	30	41	133
90		XII. *a*) Pièces pour l'électricité, en porcelaine, faïence, grès, isolateurs et autres	3 450	8 744	3 172	1 111	3 060	1 732
91		*b*) Pièces en verre, pour l'électricité	57	4		53	1	
			25 549	54 710	37 270	29 372	76 428	74 371
		Exportation de matériel électrique fabriqué en France ou francisé après transformation						
179	EXPORTATIONS	I. Dynamos et transformateurs	8 504	9 967	5 254	8 504	9 967	7 618
180		II. Appareils électriques et électrotechniques	7 622	11 273	5 766	24 390	36 074	25 832
		III. Bâtis et carcasses de dynamos et de moteurs électriques	20	62	112	6	19	50
164		IV. Lampes à incandescence	841	646	311	4 037	3 101	2 053
180		V. Lampes à arc et pièces détachées en fer ou en acier	28	84	32	32	95	53
161		VI. Charbons préparés pour usages industriels	2 863	9 985	6 750	2 061	7 189	6 075
180		VII. Fils et câbles isolés pour l'électricité	14 617	10 770	7 720	13 182	9 693	6 948
		VIII. Induits de dynamos et pièces pour appareils électriques	2 151	2 251	1 674	4 259	4 457	4 972
		IX. Aimants autres que les électro-aimants	9	89	39	7	67	39
182		X. Accumulateurs électriques et pièces détachées	3 255	1 631	3 524	2 213	1 169	2 696
		XI. Piles sèches	843	1 091	1 129	405	524	768
163		XII. *a*) Pièces pour l'électricité, en porcelaine, faïence, grès, blanc ou de couleur, isolateurs et autres	2 067	2 647	1 274	901	1 154	603
164		*b*) Pièces en verre, pour l'électricité	951	2 293	119	249	601	32
			43 801	52 789	33 609	60 246	74 050	57 739

Digitized by Google

principaux articles d'importation qui ont diminué sont : les dynamos, les lampes à incandescence, la céramique électrique et les induits de dynamos. A l'exportation, les articles qui ont augmenté ont été : les fils et câbles, les accumulateurs et les induits de dynamos.

Au tableau II nous voyons que la supériorité des exportations a atteint 3 484 000 fr et 5872 quintaux.

TABLEAU A. — *Indices de supériorité de quelques articles d'importation étrangère de matériel électrique sur l'exportation française pour les quatre premiers mois de 1922.*

ARTICLES	SUPÉRIORITÉ DES IMPORTATIONS en valeur	SUPÉRIORITÉ DES IMPORTATIONS en poids	OBSERVATIONS
	francs	quintaux	
I	3 290 000	6 016	*Dynamos.* — Si les exportations ont diminué de 1 463 000 francs et de 1 463 quintaux sur la période précédente, les importations ont décru de façon beaucoup plus considérable, c'est-à-dire de 18 millions de francs et de 13 000 quintaux.
IV	1 994 000		*Lampes à incandescence.* — Les importations ont diminué d'une année sur l'autre de près de 4 millions de francs et de 555 quintaux. Mais les exportations ont augmenté de 936 000 francs et de 195 quintaux.
XII *a*	210 000	1 383	*Pièces céramiques et isolateurs.* — Leur importation a diminué de 1 949 000 francs et de 5 294 quintaux.
	8 494 000	7 399	Supériorité relative des importations pour les quatre premiers mois de 1922.

Les principales augmentations de l'exportation ont porté sur l'aluminium, le ferro-manganèse, le nitrate de calcium et la cyanamide calcique et sur le carbure de calcium.

CONCLUSION. — Nous constatons avec plaisir une recrudescence sensible dans notre exportation de matériel électrique et de produits électrométallurgiques et électrochimiques. Cette constatation, qui peut s'étendre à d'autres branches de l'industrie française, témoigne de la grande vitalité de notre race, de son esprit d'initiative et de l'effort constant qu'elle s'est imposé et continue à s'imposer et qui devra porter ses fruits. Il est nécessaire que nous cherchions davantage à nous

TABLEAU B. — *Indices de supériorité de quelques articles d'exportation française de matériel électrique sur l'importation étrangère pour les quatre premiers mois de 1922.*

ARTICLES	SUPÉRIORITÉ DES EXPORTATIONS en valeur	SUPÉRIORITÉ DES EXPORTATIONS en poids	OBSERVATIONS
	francs	quintaux	
VII	12 754 000	14 223	*Fils-câbles.* — A la supériorité écrasante de l'exportation accrue de 3,5 millions de francs et de 3877 quintaux d'une année sur l'autre, a correspondu une décroissance de l'importation de 4 500 000 francs et de 2 000 quintaux.
VI	1 826 000	2 433	*Charbons.* — L'exportation a été réduite de 5 millions de francs et de 7 000 quintaux.
II	17 335 000	4 383	*Appareils électriques et électrotechniques.* — Cet article a été en très forte décroissance : 11 millions de francs tant à l'importation qu'à l'exportation.
XII *b*	196 000	894	*Verrerie électrique.* — L'exportation a diminué de 332 000 francs et de 1 342 quintaux.
X	1 913 000	2 093	*Accumulateurs.* — L'exportation a progressé de 1 104 000 francs et de 1 624 quintaux et l'importation a baissé légèrement.
VIII	2 011 000	801	*Induits de dynamos.* — L'importation a décru de 6,5 millions de francs et de 1 695 quintaux.
	36 015 000	24 827	Supériorité relative des exportations pour les quatre premiers mois de 1922.

suffire à nous-même, industriellement parlant, et que nous restreignions de plus en plus l'importation d'articles que nous serions susceptibles de fabriquer sur notre sol. Mais la situation serait plus favorable si nos ex-ennemis remplissaient plus scrupuleusement leurs engagements, et si nous pouvions être soulagés d'une grande partie de nos dettes de guerre (dont le montant est supérieur à ce que nous doivent les Allemands)

Digitized by Google

Tableau II. — Produits électrométallurgiques et électrochimiques.

CHIFFRES EXTRAITS DE LA STATISTIQUE DOUANIÈRE FRANÇAISE CONCERNANT LE COMMERCE SPÉCIAL POUR LES QUATRE PREMIERS MOIS DE 1922-1921-1920.

PAGES DES DOCUMENTS OFFICIELS		DÉSIGNATION		QUANTITÉS EXPRIMÉES EN QUINTAUX MÉTRIQUES			VALEURS EXPRIMÉES EN MILLIERS DE FRANCS		
				1922	1921	1920	1922	1921	1920
69	IMPORTATIONS	I. Aluminium	en lingots ou déchets	65	2 027	380	22	1 480	342
			battu, tiré, laminé, filé ou en poudre	439	252	215	652	313	247
		II. Ferro-alliages	ferro-manganèse	14 995	5 724	17 422	911	2 169	3 659
			ferro-silicium	5 813	826	1 425	444	71	171
			autres	1 788	802	1 227	618	234	135
72		III. Carbure de calcium		7 237	4 369	14 435	513	481	1 472
84		IV. Nitrate de calcium et cyanamide calcique		35 269	6 882	59 222	2 046	867	5 449
				65 606	20 882	94 326	5 206	5 615	11 475
		Exportation de produits fabriqués en France ou francisés après transformation							
142	EXPORTATIONS	I. Aluminium	en lingots ou déchets	5 050	864	6 308	2 298	394	5 362
			battu, tiré, laminé, filé ou en poudre	361	945	6 090	289	740	7 004
		II. Ferro-alliages	ferro-manganèse	3 469	13 052	8 240	659	2 480	1 730
			ferro-silicium	5 222	21 082	7 519	418	1 687	903
			autres	3 949	2 793	9 974	316	223	1 097
145		III. Carbure de calcium		21 160	16 752	16 268	2 645	2 094	1 659
158		IV. Nitrate de calcium et cyanamide calcique		32 267	971	525	2 065	64	49
				71 478	56 439	54 924	8 690	7 680	17 804

TABLEAU C. — *Indices du mouvement d'échanges internationaux des principales matières premières électrométallurgiques et électrochimiques pour les quatre premiers mois de 1922 et 1921.*

DÉSIGNATION	SUPÉRIORITÉ EN 1922 DE L'IMPORTATION SUR L'EXPORTATION		AUGMENTATION DES IMPORTATIONS DE 1922 SUR 1921		DIMINUTION DES IMPORTATIONS DE 1922 SUR 1921		SUPÉRIORITÉ EN 1922 DE L'EXPORTATION SUR L'IMPORTATION		AUGMENTATION DES EXPORTATIONS DE 1922 SUR 1921	
	en poids	en valeur	en poids	en valeur	en poids	en valeur	en poids	en valeur	en poids	en valeur
	quintaux	francs	quintaux	francs	quintaux	francs	quintaux	francs	quintaux	francs
I. *Aluminium :* en lingots, déchets et demi-ouvré.					1 775	1 119 000	4 907	1 913 000	3 622	1 453 000
II. a) *Ferro-manganèse*	11 526	352 000	9 271			1 258 000			9 583	1 821 000
b) *Ferro-silicium*	591	26 000	4 987	373 000						
c) *Autres ferro-alliages*		98 000	986	384 000			2 161		1 156	93 000
III. *Carbure de calcium*			2 868	32 000			13 921	2 132 000	4 408	551 000
IV. *Nitrate de calcium et cyanamide calcique*	3 002	1 075 000	28 387	1 179 000					31 296	809 000
	15 119	1 551 000	46 449	1 968 000	1 775	2 377 000	20 989	4 045 000	60 065	4 727 000

par l'Angleterre et les Etats-Unis. Nos ex-alliés ne manqueront sans doute pas de se souvenir que c'est à la vaillance et au sacrifice de milliers de nos enfants qu'ils ont dû la victoire de la civilisation sur la force brutale et la sauvegarde de leurs intérêts économiques.

Désiré PECTOR,
Conseiller honoraire du Commerce extérieur.

Digitized by Google

Assemblées générales

Société d'Eclairage et de Force par l'Electricité à Paris.

ASSEMBLÉE GÉNÉRALE ORDINAIRE DU 26 JUIN 1922.

Durant cet exercice, l'exploitation s'est normalement poursuivie et les ventes de courant n'ont pas diminué malgré la crise industrielle, de nouvelles fournitures d'énergie étant venues compenser les réductions apportées par la crise à la consommation de la plupart des anciens abonnés.

L'exercice 1921 a été consacré surtout aux négociations avec la Conférence intercommunale des Communes de la Seine, négociations qui, engagées en novembre 1919, n'avaient abouti en 1920 qu'à la conclusion d'un accord provisoire relevant les tarifs, mais réservant l'affectation des sommes à provenir de ces relèvements

Aucun accord définitif n'est encore intervenu en 1921; une nouvelle convention provisoire a seule pu être réalisée pour une durée qui prendra fin le 31 décembre 1922 ou au plus tard le 31 décembre 1923.

Cette convention, uniforme pour les principaux secteurs qui desservent les communes de la Seine, maintient les tarifs pratiqués pour l'éclairage et la force motrice à basse tension depuis l'avenant de 1920, sous réserve toutefois que ces tarifs ne soient pas supérieurs à ceux de Paris; elle autorise la société à prélever sur le montant des relèvements de tarifs :

1° Vingt centimes par kilowatt-heure pour tenir compte de l'augmentation des frais de main d'œuvre par rapport à l'avant-guerre;

2° Les sommes correspondant aux majorations des travaux exécutés depuis le 1er janvier 1920, par rapport aux prix d'avant-guerre. Ce prélèvement a été porté au crédit du compte réseaux banlieue.

Des accords d'un caractère plus définitif, mais prévoyant des revisions périodiques des tarifs, ont été passés avec les communes desservies en Seine-et-Oise.

Les filiales de province ont été plus frappées par la crise économique générale que les exploitations de la banlieue parisienne; leurs réseaux ont néanmoins continué à se développer, et il y a tout lieu de penser que, dès la reprise industrielle, la plupart d'entre elles seront en mesure de donner une légitime rémunération aux efforts réalisés par elles durant ces dernières années pour apporter une importante contribution au développement des distributions d'énergie électrique en France.

Les recettes nettes de l'exploitation de banlieue, après déduction des amortissements, se sont élevées à 489 793,14 fr auxquelles viennent s'ajouter pour solde bénéficiaire du compte « intérêts, dividendes et revenus divers », après dépréciation du portefeuille, 493 137,70 fr, soit au total 982 930,84 fr.

Les frais généraux se sont élevés à 293 590,39 fr.

Le bénéfice de l'exercice ressort ainsi à 689 340,45 fr.

Le report des exercices antérieurs s'élève à 1 521 085,09 fr sur lesquels est prélevée la somme de 110 659,55 fr qui, ajoutée au solde bénéficiaire de l'exercice, permettra la distribution d'un dividende de 40 fr par action.

Ce dividende est mis en paiement depuis le 1er juillet contre remise du coupon n° 26 et sous déduction des impôts.

Le surplus disponible du compte de profits et pertes, 1 410 425,54 fr, est reporté à nouveau.

BILAN AU 31 DÉCEMBRE 1921.

Actif.

	fr
Immeubles	275 000 »
Réseaux banlieue	17 544 829,62
Cautionnements	13 744,90
Mobilier	1 »
Magasins	1 698 395,47
Compte courants chez les banquiers de la société	6 439 038,08
Comptes courants des abonnés	2 609 760,33
Portefeuille	12 224 575,20
Débiteurs divers	7 226 511,22
Caisse	21 057,56
	48 052 913,38

Passif.

	fr
Capital	10 000 000 »
Réserve statutaire	1 000 000 »
Comptes d'amortissement	11 070 880,91
Compte « vente de titres »	5 017 691,90
Créditeurs divers	17 569 303,56
Avances sur consommation des abonnés	1 157 522,39
Restant à payer sur dividendes des exercices antérieurs	27 189,08
Profits et pertes :	
Bénéfice de l'exercice	689 340,45
Sol le reporté des exercices antérieurs	1 521 085,54
	48 052 913,38

Digitized by Google

SECTION DE LÉGISLATION

Quelques considérations sur la loi du 16 octobre 1919 et des conséquences de cette loi sur le régime des eaux antérieur

L'auteur considérant comme suffisamment répandus aujourd'hui dans le public les principes de la loi du 16 octobre 1919 sur l'utilisation de l'énergie électrique (1), *résume, d'une façon pratique, les conséquences de ces principes en suivant les deux catégories de cours d'eaux, auxquels ils s'appliquent.*

Une opinion, assez généralement répandue, considère que la loi du 16 octobre 1919, sur l'utilisation de l'énergie hydroélectrique a complètement bouleversé les principes antérieurs sur le régime des eaux et qu'elle a prononcé, au profit de l'Etat, une véritable expropriation de l'ensemble des cours d'eau, dont une grande partie constituait, jusqu'à ce jour, une propriété privée de nature particulière, mais une propriété privée quand même.

En étudiant les conséquences de la loi nouvelle, eu égard au régime des eaux antérieures, on est vite conduit à modifier cette première opinion et à voir seulement dans la loi nouvelle, avec le respect de la propriété privée, une simple extension des sacrifices imposés à cette dernière au profit de l'intérêt général.

Les conséquences de la nouvelle loi doivent être examinées, d'abord, pour tous les cours d'eau dits « classés » et, ensuite, pour tous les cours d'eau plus particulièrement appelés « privés ».

I. Rivières navigables et flottables. — Pour cette catégorie de cours d'eau, le régime de la loi de 1898 se trouve maintenu : régime de l'autorisation pour les chutes de faible puissance; régime de la concession pour les autres.

Régime de l'autorisation. — Le régime de l'autorisation antérieure n'est en rien modifié.

Régime de la concession. — Le régime de la concession subit, en apparence seulement, quelques retouches.

La loi du 16 octobre 1919, innove en ce sens que les conditions de la concession se précisent : l'intervention du Conseil d'Etat, dans la délivrance de ces autorisations, devient la règle la plus générale, et non plus l'exception.

La loi nouvelle innove encore par l'établissement d'un modèle du cahier des charges types, dans lequel seront plus nettement précisées les obligations et les droits du concessionnaire.

Mais ces innovations ne sont qu'apparentes et en tout cas, peu sensibles.

a) Innovation peu importante en ce qui concerne les obligations du concessionnaire. Sous ce régime de la loi antérieure, ses obligations, à défaut de cahier des charges type, étaient réglées par l'acte de concession établi par l'autorité concédante.

Mais déjà, l'Etat concédant, ayant, comme aujourd'hui, la propriété des eaux publiques et pouvant en disposer à sa guise, attachait à sa concession le prix qui lui plaisait : paiement des taxes, limitation de la disposition des eaux ; réserves diverses au profit des services publics, attribution des excédents, etc... Et les quelques exemples de concessions antérieures prouvent qu'à cet égard le cahier des charges nouveau n'a rien ajouté aux traités de concessions antérieures (*Journal officiel*, p. 2463) (Chambres des Députés, 28 mai 1919).

Quant à l'obligation imposée par la loi nouvelle au concessionnaire de respecter les droits des tiers exercés, elle n'est que l'application de principe du droit

(1) Le texte de cette loi a été reproduit dans la *Revue générale de l'Electricité*, 8 novembre 1919, t. VI, p. 649. Sa discussion à la Chambre des Députés a fait l'objet d'une première étude de M. Paul Bougault. (*R. G. E.*, 16 août 1919, t. VI, p. 217-222.)

Un second et un troisième article, observations et commentaires de la loi, après sa promulgation, par M. P. Bougault, ont été publiés dans les numéros *R. G. E.*, du 15 novembre et 13 décembre 1919, t. VI, p. 699-703 et 867-870 et 24 janvier 1920, t. VII, p. 139-142.

Voir aussi : la loi du 16 octobre 1919, sur l'utilisation de la puissance hydraulique ; Paul Lévy-Salvador. *R. G. E.*, 7 février 1920, t. VII, p. 205.

Les règlements d'administration publique à la loi du 16 octobre 1919, relative à l'utilisation de l'énergie hydraulique, concessions, autorisations, cahier des charges type; G. Tochon *R. G. E.*, 25 septembre, 2, 9, 16 et 23 octobre 1920, t. VIII, p. 427-430, 461-464, 501-505 et 547-550.

Les bassins-réservoirs. Les ententes avec les riverains. La plus-value. Réflexions sur quelques articles de la loi du 16 octobre 1919 : Paul Bougault. *R. G. E.*, 22 et 29 janvier 1921, t. IX, p. 123-126 et 161-165.

Sur l'application de l'article 9 de la loi du 16 octobre 1919, sur l'énergie hydraulique concernant les redevances. *R. G. E.*, 30 avril 1921, t. IX, p. 831.

Les règlements d'administration publique de la loi du 16 octobre 1919, relative à l'utilisation de l'énergie électrique ; G. Tochon. *R. G. E.*, 15 janvier, 12 et 26 février, 16 avril 1921, t. IX, p. 55-63, 87-92, 225-231, 297-304, 547-552.

Digitized by Google

antérieur d'après lequel l'autorisation n'est jamais donnée que « sous réserve du droit des tiers ». On peut se demander d'ailleurs, à juste titre, s'il peut exister sur les rivières du domaine public des droits « non exercés » au sens légal du mot. Sur ces rivières, en effet, le droit d'un tiers ne peut prendre naissance que par une concession administrative ; jusque-là, le riverain n'a aucun droit, pas même celui de jouir et d'utiliser la pente des eaux.

b) L'innovation apparaît comme plus sérieuse en ce qui concerne les droits du concessionnaire.

La loi du 16 octobre 1919, en effet, étend à l'usage industriel des eaux les servitudes d'appui ou d'aqueduc qui n'existaient, jusque-là, que pour l'utilisation agricole des eaux. Elle ajoute pour les chutes de grosse importance la servitude d'occupation temporaire qui, jusqu'à ce jour, était exclusivement réservée aux entreprises de travaux publics (art. 4). Mais, dans la pratique, ces avantages donnés au concessionnaire nouveau ne sont qu'apparents si on considère que, sur les rivières du domaine public, les droits des propriétaires voisins du cours ne prennent naissance qu'au delà de la propriété de l'Etat qui comprend le lit et les francs-bords jusqu'au niveau du « plenissium flumen ». L'exercice de ces servitudes intéresse plutôt le domaine de l'Etat que celui des particuliers riverains.

II. Rivières non navigables ni flottables. — Pour cette seconde catégorie de cours d'eau, la loi du 16 octobre 1919, reconnaît aussi les deux modes d'autorisation : autorisation simple et concession.

Régime de l'autorisation. — Le régime de l'autorisation subsiste dans les conditions de la loi du 25 avril 1898, mais il est restreint aux chutes qui, par leur faible puissance, ou par leur objet étranger à tout service public, ne rentrent point dans le régime obligatoire de la concesssion (art. 16).

Mais cette autorisation est limitée, dans sa durée, à soixante-quinze ans, mais susceptible de renouvellement dans des conditions déterminées par la loi. A l'expiration de la durée impartie, l'Etat aura le droit d'exiger le rétablissement du cours d'eau dans son état primitif ou de racheter les ouvrages de barrage ou de prise d'eau avec indemnité (art. 16, § 5).

Enfin, le permissionnaire est soumis à une taxe de statistique. Ces dispositions constituent-elles une innovation de la loi et dans quelle mesure ?

Il suffit de se reporter à la loi du 25 avril 1898, pour voir que la situation du permissionnaire n'est guère modifiée.

Hier, l'arrêté du barrage qui lui était accordé mettait entre ses mains une autorisation précaire et révocable, avec ou sans indemnité, suivant la cause qui motivait le retrait. La situation est aujourd'hui la même ; elle s'est même consolidée.

En effet, le permissionnaire demeure soumis, comme hier, pendant la durée de son autorisation, aux clauses de retrait que l'utilité générale peut motiver, mais la loi précise plus nettement que ce permissionnaire aura droit à indemnité lorsqu'il subit une éviction totale ou partielle du chef d'un nouveau concessionnaire (art. 6), et la loi règle de façon précise le paiement de cette indemnité.

L'autorisation est, il est vrai, réduite à la durée de soixante-quinze ans. Mais qui peut prétendre que, à notre époque où l'utilisation de l'énergie hydroélectrique a pris un développement considérable, des raisons d'intérêt général ne motiveraient point, dans ce même délai, la suppression de l'ouvrage autorisé au profit d'une entreprise d'intérêt public ou d'une réglementation d'intérêt général et ce, par la seule application de la loi de 1898.

Remarquons, enfin, que la loi nouvelle n'a attaché à la délivrance des autorisations simples aucun des avantages accordés à la délivrance des concessions. Le bénéficiaire de ces autorisations ne jouit, en effet, d'aucune des servitudes prévues par l'article 4 et dont nous avons parlé.

Il reste donc entièrement soumis à la volonté du riverain de ce cours d'eau en ce qui concerne la jouissance du droit de riverraineté que celui-ci détient.

En examinant ces dispositions on se demande vraiment comment on peut soutenir, dans la pratique, que les rivières non navigables ni flottables sont rentrées dans le patrimoine de l'Etat, du chef de l'apparition de la loi du 16 octobre 1919.

Régime de la concession. — C'est dans l'adaptation de ce régime à l'utilisation de l'énergie des rivières non navigables ni flottables que réside la véritable, nous pouvons dire l'unique innovation de la loi.

Cependant ne nous hâtons pas trop de voir en celle-ci un véritable bouleversement juridique des notions de droit antérieur.

Jusqu'à ce jour, une entreprise ayant le caractère d'une entreprise de travaux publics, telle une entreprise de transports qui voulait emprunter à une rivière privée la force motrice nécessaire à la traction, pouvait prétendre à une concession — concession de travaux publics — qui, si elle était assortie d'une reconnaissance d'utilité publique, cas le plus ordinaire dans la pratique, permettait au bénéficiaire d'utiliser une rivière privée, en transformant en un simple droit à indemnité le droit d'opposition du riverain.

Depuis la loi nouvelle, ce droit à la concession peut être accordé à tout entrepreneur qui veut utiliser, l'énergie d'un cours d'eau lorsque la chute qu'il convoite rentre, par l'importance de sa puissance ou par la nature de son utilisation, dans la catégorie des entreprises concessibles. Et cette concession peut être donnée, non seulement au riverain ou à celui qu'il s'est volontairement substitué, mais encore à toute personne étrangère au voisinage du cours d'eau qui en fait la demande. Et c'est en ce sens que la loi d'octobre 1919 paraît vraiment créer une disposition nouvelle en dépouillant le riverain au profit d'un tiers.

Ce principe étant posé, dans quelle mesure peut-on dire qu'il y a vraiment dépossession du riverain ?

Digitized by Google

Examinons, à cet égard, la nature et l'étendue des droits attachés à la concession en distinguant, d'ailleurs, suivant que celle-ci est, ou n'est point assortie d'une déclaration d'utilité publique, ainsi que la loi l'indique elle-même.

a) *La concession d'utilité publique.* — Celle-ci tient peu de place dans la loi. Elle réside dans la rédaction de l'article 5 de cette loi, qui indique les prérogatives attachées à la reconnaissance d'utilité publique qui pourra être accordée par l'acte de concession dans le cas particulier où « l'intérêt économique de la nation justifie cette mesure ». Ces prérogatives résident dans le droit d'expropriation qui sera exercé, conformément à la loi du 3 mai 1841, tout comme pour une concession de travaux publics, avec déclaration d'utilité publique.

Il n'y a donc point, à cet égard, de changement au régime antérieur que nous avions exposé déjà, mais une simple extension de la reconnaissance d'utilité publique au cas où l'intérêt économique de la nation — variante de l'utilité publique — justifie cette mesure. Mais, tant que la reconnaissance au profit d'un tiers de l'utilité publique n'est point légalement prononcée et suivie du paiement des indemnités requises, le riverain conserve la pleine jouissance de ses droits de riveraineté.

b) *La concession simple.* — Examinons quelques-uns de ses caractères.

1° La concession offre au bénéficiaire l'avantage de pouvoir imposer ses emprises aux riverains dont le fonds était directement atteint par l'entreprise, soit sous forme de servitude d'appui, d'aqueduc ou de submersion des rives, soit sous forme d'occupation temporaire, cette dernière servitude étant limitée au cas d'utilisation d'une chute de 10 000 kw (art. 4). Le tout, bien entendu, avec indemnité.

Il importe de ne point exagérer outre mesure ces avantages attachés à la loi nouvelle. Ces servitudes d'appui et d'aqueduc, de création récente en apparence, sont celles qui existaient déjà en 1841 et 1845, au profit du propriétaire éloigné du cours d'eau qui voulait irriguer ses terres et établir, à cet effet, une prise d'eau ou un canal sur le terrain intermédiaire qui le séparait de la rive.

Peut-on dire, dans ces conditions, que, du fait de la loi nouvelle, le riverain subit une véritable expropriation?

A-t-on jamais songé au lendemain de la loi de 1841 et de 1845, à considérer que du fait de l'établissement de ces servitudes les rivières privées étaient devenues richesse nationale; que, de ce chef, le riverain était exproprié de ses droits?

Le régime de la propriété privée n'est-il point, dans le droit commun, soumis à tous les sacrifices que lui impose la collectivité dans laquelle elle se meut avec profit? Le Code civil, sous l'article 642, ne prononce-t-il point, au bénéfice d'une agglomération d'habitants, le droit de prendre les eaux d'alimentation à une source, au détriment du propriétaire du fond sur lequel elle émerge, qui est en même temps propriétaire de la source,

Le propriétaire est-il de ce chef dépossédé de son droit, disons le mot, exproprié? Nullement. Son droit est simplement amoindri du fait des servitudes conventionnelles, légales ou administratives qui viennent grever son immeuble en qualité de fonds servant. Mais son droit de propriété subsiste. Il n'est d'ailleurs amoindri, ainsi que nous venons de le dire, que le jour où la servitude a pris naissance, par la réalisation du fait juridique qui le motive, en l'espèce, par la délivrance de la concession.

2° La concession permet, il est vrai, au bénéficiaire de supprimer moyennant indemnité les entreprises établies sur le cours d'eau privé par les divers riverains ou leurs ayants-droit et qui constitueraient une gêne ou un empêchement au développement de l'entreprise nouvelle concédée.

Nous remarquons que ce droit n'est point de création nouvelle. Il existait antérieurement à la loi de 1919 puisque l'Administration avait déjà le droit d'accorder sur les rivières non navigables ni flottables, toute autorisation qui lui paraissait conforme à l'intérêt général. Mais il était entendu que ces autorisations étaient données « tous droits des tiers réservés », c'est-à-dire avec le droit pour le riverain lésé de demander aux Tribunaux une indemnité, si son droit à l'usage des eaux était troublé par suite de la mise en œuvre d'une autorisation nouvelle. C'est donc que l'éviction pouvait déjà se produire.

Hier, comme aujourd'hui, le riverain ne pouvait donc empêcher l'établissement d'une entreprise qui n'était point poursuivie sur son propre fonds. Il pouvait seulement demander la réparation du préjudice qui pouvait lui être causé par celle-ci, ce qui, le plus souvent, se traduisait par un règlement d'eau judiciaire ou administratif, desquels ses droits de riveraineté sortaient nécessairement amoindris.

La loi nouvelle en permettant à l'Administration de disposer des autorisations sur les cours d'eau suivant un plan général d'aménagement n'a fait autre chose que consacrer le droit antérieur de l'Administration de procéder à la réglementation générale des eaux. C'est l'application de la loi de 1898 elle-même.

3° Mais, si la concession permet au bénéficiaire d'établir des servitudes sur le fond du riverain et de porter atteinte à son droit d'usage des eaux, la loi nouvelle proclame hautement (art. 4 et 6) l'obligation pour celui-ci d'indemniser le riverain. C'est donc la reconnaissance formelle de son droit de riveraineté. Disons même qu'à cet égard la loi d'octobre 1919 a renforcé ces droits en reconnaissant au riverain une indemnité aussi bien pour les droits « non exercés » que pour les « droits exercés ».

Les tribunaux judiciaires — sous le régime de la loi de 1898 — accordaient bien une indemnité au riverain pour atteinte à son droit d'usage sur la « pente des eaux » alors même que ce droit n'aurait pas été exercé par lui. Les tribunaux administratifs repoussaient, au contraire, cette manière de voir et refusaient une indemnité au riverain sous le prétexte que l'atteinte à la jouissance éventuelle de la pente des eaux ne constituait pas

Digitized by Google

le préjudice « né et actuel » qui, suivant ses vues, était seul générateur d'une indemnité.

Ici encore le régime de la propriété antérieure à l'égard des rivières non navigables, ni flottables, n'est point modifié et le riverain conserve les mêmes droits que sous l'empire de la loi du 25 avril 1898. Et nous ne saurions trop le répéter, si la loi nouvelle lui impose une certaine contrainte par suite des servitudes dont son fond peut être grevé, au profit de l'utilité générale, il conserve par le droit aux indemnités consacré par la loi, un droit de prééminence sur le cours d'eau, objet de convoitises étrangères.

4° La concession, il est vrai, oblige le concessionnaire à obéir aux dispositions d'un cahier des charges — qu'il soit ou non riverain — qui lui impose certaines obligations, et notamment celle de consentir des réserves en eau ou en force, au profit des services publics de l'Etat ainsi qu'une quantité d'énergie déterminée au profit des départements riverains.

Au regard du concessionnaire qui est riverain cette disposition représente un de ces sacrifices imposés à la propriété privée pour la satisfaction d'un intérêt général, tout comme celles qui, pour les besoins de la circulation ou l'embellissement d'une ville, obligent les propriétaires des immeubles à supporter une servitude d'alignement ou à contribuer aux dépenses d'entretien d'un chemin commun. Ces charges grèvent la propriété, mais n'effacent point le droit de propriétaire.

Au regard du concessionnaire, qui n'est point en même temps riverain, ces obligations apparaissent comme la compensation du secours précieux apporté par l'Etat dans la solution des conflits avec les riverains C'est, dans cet ordre d'idées, que l'Etat concédant pourra stipuler à son profit certains avantages pécuniaires particuliers. La part de ceux-ci sera proportionnelle au service rendu et, à ce titre, plus considérable, s'il s'agit d'une concession sur une rivière publique.

Le rapporteur de la loi devant la Chambre des Députés indiquait à ce sujet la différence existant entre les rivières du domaine privé. « Le chiffre de cette participation variera non seulement avec l'importance de la chute, les difficultés que présente son équipement, mais aussi avec la nature du cours d'eau. Il sera plus important sur le domaine public de l'Etat qui est comparé à un propriétaire, que sur les cours d'eau privés, soumis aux droits d'usage des riverains, consacrés par une jurisprudence ancienne. »

Voilà donc marquée une fois de plus la distinction entre les rivières non navigables et les rivières navigables. Voilà une fois de plus affirmé le droit de riverain sur les premières, le droit plus absolu de l'Etat sur les secondes.

Peut-on exprimer plus nettement que le droit de propriété de l'Etat ne porte que sur ces dernières et non sur les premières.

Le régime de la loi de 1898 est donc conservé.

Conclusions. — En résumé, et demeurant les diverses considérations que nous venons d'exprimer, il n'apparaît point que la loi nouvelle constitue le bouleversement juridique considérable qui consiste à dépouiller le riverain des droits qu'il possède à des degrés différents sur les cours d'eau et à faire passer aux mains de l'Etat le droit de propriété avec tous ses attributs. Là où la propriété de l'Etat existait, c'est-à-dire sur les cours d'eau du domaine public, les droits de l'Etat sont à nouveau reconnus, mais ils ne sont en rien modifiés. Là où la propriété du riverain était reconnue, c'est-à-dire sur les cours d'eau du domaine privé, le droit du riverain est maintenu sous les réserves suivantes:

Avec l'autorisation, le riverain conserve pour les entreprises de peu d'importance, tous les droits consacrés par les lois antérieures.

Avec la concession, le droit de riveraineté, comprenant le droit de propriété du lit et des francs-bords et le droit à l'usage de l'eau subsiste encore.

Mais la propriété du lit et des francs-bords est grevée, au profit de l'industrie, des servitudes qui existaient déjà au profit de l'agriculture.

Le droit à l'usage de l'eau est reconnu autant et plus qu'hier puisqu'il s'applique aussi bien aux droits « non exercés » qu'aux « droits exercés ».

Cet usage demeure soumis, comme hier, aux aléas d'une règlementation générale, dont la loi nouvelle a seulement ici élargi le champ d'application en vue de faciliter l'utilisation industrielle des eaux conformément à un plan d'aménagement général. La loi du 16 octobre 1919, à cet égard, a admis à côté du riverain ou de ses cessionnaires le concours de tiers, étrangers à la rive. Mais ceux-ci n'ont pas plus de droit que le riverain lui-même à l'usage des eaux. Ils doivent, comme lui-même, demander le bénéfice d'une concession, mais celle-ci est aggravée pour eux de l'obligation d'obtenir du riverain, moyennant compensation, les droits que celui-ci continue à détenir sur la propriété du lit et des rives et sur l'usage des eaux. Elle est aggravée aussi de l'obligation de reconnaître la part de concours que lui prête l'Etat pour triompher des entraves de la propriété privée. Ces diverses charges n'existent pas pour le riverain. Elles s'éteignent chez lui par voie de confusion. Elles ne grèvent que le concessionnaire étranger.

La situation de ce dernier est donc désavantageuse et il est permis de penser que si l'Etat est mis en présence de deux demandes: l'une émanant d'un riverain, l'autre d'un tiers étranger à la rive, il devra — quelle que soit d'ailleurs son indépendance à cet égard — donner sa préférence, à conditions égales, au riverain puisque les charges de la concession seront moins considérables pour lui. La loi lui en fait pour ainsi dire une obligation, en lui demandant de *concilier le respect des droits antérieurs avec l'intérêt de l'entreprise concédée*.

La loi oppose ainsi, par son texte et pour les mieux concilier, les droits reconnus par la loi antérieure et les possibilités industrielles nouvelles.

A. Remaury,
Professeur à l'Institut électrotechnique de l'Université de Toulouse.

Digitized by Google

REVUE GÉNÉRALE DE L'ÉLECTRICITÉ

Organe de l'Union des Syndicats de l'Électricité

réunissant

LA REVUE ÉLECTRIQUE 1904-1916 — LA LUMIÈRE ÉLECTRIQUE 1879-1916

DIRECTEUR : J. BLONDIN, Agrégé de l'Université.

6e ANNÉE. — TOME XII. — N° 6. — 12 AOÛT 1922.

Chronique. — Sur le calcul de l'élévation de température d'après la variation de résistance. — Bibliographies : Annuaire pour 1922 de l'Union des Syndicats de l'Electricité; Costruzioni elettromeccaniche, Calcolo, Disegno e fabbricazione delle Macchine elettriche Accessori ed applicazioni, par Ettore MORELLI; Elektrotechnische Zeitschrift, p. 201-202.

Section scientifique et technique. — Compléments à la théorie des alternateurs à deux réactions, branchés sur un réseau à potentiel constant, par A. BLONDEL, p. 203. — Revues, analyses et informations : Sur une classe particulière de pile, p. 212.

Section industrielle. — Note sur la comparaison des machines électriques au moyen des graphiques logarithmiques, par SOULLIÉ, p. 213. — Appareil de répétition des signaux et de contrôle automatique des trains système « Regan », par J.-G.-L. PIVETEAU, p. 218. — Revues, analyses et informations : Observations sur la cuisson de produits céramiques dans des fours chauffés électriquement, p. 227; La rigidité diélectrique de l'huile, p. 228.

Section économique et financière. — Assemblées générales : Compagnie Electro-Mécanique, p. 229; Société générale des Forces motrices et d'Eclairage de la ville de Grenoble, p. 230; Société anonyme de la Manufacture de Machines auxiliaires pour l'Electricité et l'Industrie, p. 230.

Section de législation. — Législation, jurisprudence, réglementation : Loi instituant des allocations temporaires en faveur de certaines catégories de bénéficiaires de rentes au titre de la loi du 9 avril 1898 sur les accidents du travail, p. 231; Sur la communication des livres de comptabilité aux agents du fisc, p. 232.

Sur le calcul de l'élévation de température d'après la variation de résistance. — Nous recevons à ce sujet la lettre suivante d'un de nos lecteurs, M. Guyard, ingénieur à Tonnay-Charente :

La note de M. Paul Girault parue sous ce titre dans la « Revue générale de l'Electricité » du 1er juillet 1922, t. XI, p. 963, 964 et 965 peut être présentée sous une forme différente qui, à certains égards et pour certains lecteurs, semblera plus frappante.

La méthode consiste à tirer plus grand parti de l'emploi du coefficient $\frac{1}{\alpha_t}$ qui a été conseillé, à juste titre, dans la note précitée, comme préférable à l'usage du coefficient α dans les calculs.

Par analogie avec le coefficient $\frac{1}{\alpha_0} = 273$ relatif à la dilatation thermique, et qui sert de base à la définition de la température absolue, on peut admettre que le coefficient constant $\frac{1}{\alpha} = 234{,}5$, relatif à la résistance ohmique définira une sorte de *température absolue de résistance ohmique* dont les différentes valeurs seraient T_0, T_t, T_θ suivant les relations

$$T_0 = \frac{1}{\alpha} = 234{,}5,$$

$$T_t = \frac{1}{\alpha} + t = \frac{1}{\alpha_t},$$

$$T_\theta = \frac{1}{\alpha} + \theta = \frac{1}{\alpha_\theta}.$$

Comme conséquence, les formules de la résistance ohmique en fonction de la température $R_t = R_0 (1 + \alpha t)$ et $R_\theta = R_0 (1 + \alpha\theta)$ s'écrivent

$$R_t = \frac{R_0}{T_0} T_t \qquad \text{et} \qquad R_\theta = \frac{R_0}{T_0} T_\theta,$$

soit

$$\frac{R_0}{T_0} = \frac{R_t}{T_t} = \frac{R_\theta}{T_\theta} = \text{C}^{te} = K,$$

avec un caractère simple et général.

On résume algébriquement ce résultat par la formule $R = K T$, où K est un coefficient numérique constant qui caractérise le conducteur, et on énonce la règle suivante en langage courant :

La résistance ohmique d'un conducteur est proportionnelle à la température absolue de résistance ohmique.

La température absolue de résistance ohmique est la température en degrés centigrades, majorée de la valeur constante 234,5.

L'exemple d'application de la note se traite comme suit

$$\frac{R_t = 42{,}9}{T_t = 234{,}5 + 18} = \frac{R_\theta = 49{,}4}{T_\theta = 234{,}5 + \theta} = K.$$

On en conclut $T_\theta = 290{,}7$, d'où l'augmentation de température $T_\theta - T_t = 38{,}2°$ C.

Remarque. — La valeur caractéristique K de l'enroulement inducteur ou résistance ohmique par degré de température absolue de résistance ohmique est $\frac{42{,}9}{252{,}5} = 0{,}169$.

Cette valeur pourra être employée dans tous les essais ultérieurs faits sur ce conducteur.

Digitized by Google

Bibliographie : Annuaire pour 1922 de l'Union des Syndicats de l'Electricité (1). — Pour les nouveaux venus dans le domaine de l'électricité soit technique, soit industrielle, il n'est pas inutile de signaler que les matières de cet ouvrage sont réparties en seize parties qui ont respectivement pour titres, Union des Syndicats de l'Electricité (statuts, membres, commissions, etc.), Syndicats adhérents à l'U. S. E. (constructeurs, exploitants), Union des Syndicats et syndicats professionnels autres que ceux qui font partie de l'U. S. E. (Chambre syndicale des Métaux, Comité de la Construction mécanique et électrique, etc.), Sociétés ou établissements techniques ou scientifiques intéressant l'industrie électrique, Ministères, Normalisation, Unités de mesures, Enseignement, Législation des chutes d'eau, Législation des Distributions d'énergie électrique, Législation sociale et ouvrière, Commerce extérieur et douanes, Statistiques relatives à la France, Notices sur les principales maisons ou sociétés françaises se rattachant aux industries électriques, Répertoire alphabétique des établissements et des noms cités dans l'Annuaire, Renseignements commerciaux. Par rapport aux divisions adoptées l'année dernière, il y a simplement eu dédoublement de la Législation des chutes d'eau et de la Législation des Distributions d'énergie électrique; dans la sixième partie, normalisation, paraissent, pour la première fois, les Cahiers des charges-types pour la fourniture des isolateurs à cloche et pour la fourniture des groupes électrogènes composés d'un alternateur et d'une turbine hydraulique. Il est évident que, dans l'intervalle restreinte d'une année, les nouveautés techniques sont nécessairement limitées; il y a des renseignements qui doivent, d'autre part, se répéter dans tous les Annuaires : tels sont les normalisations en général, le vocabulaire électrotechnique, la loi sur les unités et les tableaux de conversion d'unités. Ces redites allègent un peu le travail du personnel chargé de l'élaboration de cette formidable compilation et permettent de consacrer plus de temps à vérifier la typographie des formules et l'écriture des symboles des unités. Nous avons, par exemple, constaté avec plaisir, la radiation définitive du terme standardisation par le mot plus correct de normalisation. Il resterait encore à appliquer la règle d'Hospitalier aux lettres majuscules qui, suivant cette convention, doivent s'écrire en italique aussi bien que les minuscules (tableau p. 204). Signalons que m/m et millim (p. 297 et 309), kilogr et kilogs (p. 374 et 580) sont des abréviations qui sont loin d'être conformes à la loi du 2 avril 1918 sur les unités. Pour les Annuaires aussi bien que pour les Revues périodiques, ce sont des détails que nous devons surveiller de près parce que nos publications sont considérées comme arbitrium et jus et norma loquendi. — B. C.

Bibliographie : Costruzioni elettromeccaniche. Calcolo, Disegno e fabbricazione delle Macchine elettriche, Accessori ed applicazioni. Tome III : *Applicazioni elettromeccaniche*, par Ettore Morelli, professeur à l'Ecole polytechnique de Turin (2). — Ce volume est consacré aux accessoires électriques des machines. Il comprend deux chapitres. Le premier traite des appareils de manœuvre à main et automatiques et le second des appareils de sécurité.

En ce qui concerne les appareils de manœuvre, la fonction importante qu'ils ont à remplir comme accessoires des machines exige qu'ils soient bien étudiés dans leurs proportions électriques et dans les proportions mécaniques qui en résultent, dans la qualité des matériaux employés et, enfin, dans toutes leurs particularités de construction, en ne perdant pas de vue les principes qui doivent guider la grande fabrication moderne en vue des types nouveaux.

C'est en observant les conditions qu'il vient ainsi de poser que l'auteur étudie successivement : les interrupteurs et commutateurs avec commande à main (62 pages); les interrupteurs automatiques avec commande à main directe ou à distance (69 pages), et les réducteurs pour batteries d'accumulateurs (24 pages).

Les 25 premières pages du chapitre II concernent les appareils de protection contre les excès de courant et un large développement est donné ensuite (75 pages) aux appareils de protection contre les surtensions.

Dans cette dernière partie de son ouvrage, indépendamment de la description même des nombreux dispositifs actuellement employés, l'auteur expose en détail les différentes causes de surtensions et les conditions dans lesquelles elles peuvent se produire : contact entre un circuit basse tension et un circuit haute tension; surtensions d'origine électrostatique extérieure; surtensions d'origine électromagnétique intérieure. Sa conclusion est que dans l'état actuel de la technique, le problème ne peut être considéré comme résolu dans toute sa généralité, mais que, toutefois, si l'on tient compte, d'une part, des connaissances plus exactes acquises récemment dans ce domaine et, d'autre part, des bons résultats obtenus tant en Europe avec les systèmes de dispersion et de dissipation de l'énergie de surtension, qu'en Amérique avec les systèmes disruptifs à régénération, à sélection et d'absorption, on peut dire que l'on obtiendra une sécurité de protection presque absolue dans le plus grand nombre des cas susceptibles de se présenter dans la pratique. — P. B.

Bibliographie : Elektrotechnische Zeitschrift. — Cette revue vient de faire paraître un numéro spécial à l'occasion de la vingt-huitième réunion annuelle de l'Association des ingénieurs-électriciens allemands qui a lieu cette année à Munich. Edité avec un soin particulier, ce numéro contient un certain nombre d'articles d'intérêt général abondamment illustrés.

La production, la distribution et l'utilisation de l'énergie électrique de Bavière forment l'objet de plusieurs études; cette région est très favorisée au point de vue hydroélectrique, la principale source d'énergie étant fournie par le bassin de l'Yser, affluent du Danube. Un vaste plan d'électrification est actuellement en cours d'exécution, comportant notamment la construction d'une puissante centrale sur le Walchousse et un réseau d'interconnexion générale, à 110 000 v. Parallèlement, se développe l'électrification des chemins de fer bavarois. Ces différents travaux et projets sont décrits d'une façon assez détaillée.

D'intéressantes études sont également publiées au sujet du réseau radiotélégraphique allemand et ses dispositions de liaison avec le réseau terrestre, ainsi que sur les possibilités de l'éclairage électrique moderne. Il y aurait aussi à signaler la description d'une ligne aérienne à 100 000 v, dont la principale particularité est d'avoir été établie dans la ville même de Berlin dont elle suit les rues pour opérer l'interconnexion de deux centrales. Des précautions de sécurité spéciales ont été prises pour cette ligne qui s'est, jusqu'à présent, comportée d'une façon entièrement satisfaisante. — A. B.

(1) Un volume, format 21 cm × 13 cm, de 128 pages, en vente 25, boulevard Malesherbes, Paris. Prix : broché, 30 fr.

(2) Un volume, format 24,5 cm × 16,5 cm, 256 pages, 285 fig., édité par l'Unione tipografico editrice turinese, Turin. Prix : 20 lires.

Digitized by Google

SECTION SCIENTIFIQUE & TECHNIQUE

Compléments à la théorie des alternateurs à deux réactions, branchés sur un réseau à potentiel constant

De nombreux travaux ont été publiés sur les alternateurs et sur leur théorie. L'auteur n'a pas eu l'intention de résumer ces publications antérieures, ou de faire un exposé complet des propriétés générales de ces machines. Il s'est proposé d'expliciter quelques-unes des propriétés des alternateurs et des moteurs synchrones, soit plus générales que celles que l'on indique habituellement, soit entièrement nouvelles, en prenant pour point de départ sa théorie des deux réactions. Dans la première partie de cet article, il indique le tracé du diagramme bipolaire et sa déformation en considérant les cas générateur et moteur pour la marche surexcitée ou sous-excitée, et les représentations des puissances, soit par courbes polaires, soit par topogrammes. La représentation par courbes polaires permet d'expliquer la marche d'un moteur synchrone non excité sous charge réduite. Dans la seconde partie, l'auteur détermine les conditions de stabilité des machines synchrones travaillant sur un réseau à potentiel constant et, donne, sous diverses formes, l'expression du couple synchronisant dû à un écart de phase, en tenant compte des divers effets généralement négligés tels que l'hystérésis et les courants de Foucault. L'emploi de la méthode des variables complexes permet de traiter complètement le problème sans entraîner des calculs trop compliqués.

I. **Objet de cet article.** — Je me propose dans ce qui suit de rassembler en un exposé général et plus complet les énoncés et les démonstrations de quelques propriétés des machines synchrones polyphasées établies moyen au de la théorie des deux réactions, que j'ai déjà exposées partiellement dans différentes notes (1).

J'ai déjà signalé, à différentes reprises, l'intérêt que présente cette théorie pour l'analyse un peu plus serrée des propriétés des alternateurs que ne le permet la théorie de Joubert ; je désire mettre ici en évidence la facilité avec laquelle se fait l'application de cette théorie.

Je rappellerai, tout d'abord, la composition du diagramme bipolaire des alternateurs synchrones travaillant sur réseau à potentiel constant et la modification qu'il subit quand on passe du cas générateur au cas moteur. Je montrerai comment on détermine le lieu de l'extrémité du vecteur représentant la force électromotrice joubertique et le topogramme des puissances.

Dans une seconde partie, j'exposerai la façon dont le diagramme permet d'étudier la stabilité de marche d'une machine, soit graphiquement, soit par le calcul. Je montrerai combien on détermine facilement le couple synchronisant dû à un écart de phase et les conditions de fonctionnement d'un moteur non excité. La théorie est d'ailleurs susceptible de beaucoup d'autres applications qui feront l'objet d'une publication ultérieure.

II. **Quelques propriétés du diagramme bipolaire des alternateurs synchrones travaillant sur un réseau à potentiel constant dans la théorie des deux réactions.** — 1. LE DIAGRAMME BIPOLAIRE. SA DÉFORMATION EN PASSANT DU CAS GÉNÉRATEUR AU CAS MOTEUR. — Désignons par OT l'axe de la force électromotrice induite à vide dans l'alternateur (fig. 1) et par OD, un axe normal au précédent et ayant sa direction positive en avance de $\frac{\pi}{2}$ par rapport au précédent. Cet axe OD est aussi l'axe des flux directs, c'est-à-dire de ceux qui émanent des axes des pièces polaires des inducteurs ; et l'axe OT représente les directions intermédiaires entre les directions polaires (c'est-à-dire les directions perpendiculaires dans le cas d'une machine idéale bipolaire équivalente à la machine étudiée).

Sur l'épure, je représenterai, à la manière habituelle, le diagramme d'un alternateur dans la théorie des deux réactions, en supposant, tout d'abord, pour préciser, qu'il s'agit d'un générateur. La direction OD' sera celle des forces électromotrices déphasées et des courants induits déphasés, c'est-à-dire des courants induits qui sont capables de former des contre-ampères-tours produisant toujours une réaction magnétique directement opposée au flux inducteur. On représentera suivant OA le vecteur de la tension U du réseau ; par OB, le vecteur de la force électromotrice intérieure E égale à $\overline{U} + r\overline{I}$; par OF, le vecteur du courant fourni par le générateur au réseau ; $AB = r\overline{I}$. On rapportera ces vecteurs à l'axe OT des forces électromotrices transversales (ou théoriques) en mesurant leurs angles par rapport à OT.

On désignera aussi par φ le déphasage de E ; par ζ, le déphasage de U ; par ψ, le déphasage de I, tous ces déphasages étant comptés dans le sens du retard de phase, qui est en même temps le sens opposé à celui du mouvement de rotation.

(1) Notes présentées à l'Académie des Sciences, le 17 février 1913 et le 4 février 1915 : *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, t. CLVI, p. 545 et t. CLXVIII, p. 376.

Digitized by Google

Chaque vecteur pourra, pour les calculs, être remplacé par ses deux composantes respectivement suivant OT et OD; ces composantes seront positives quand elles seront portées suivant le sens positif des axes ainsi définis, elles seront affectées du signe — dans le cas contraire; en outre, le symbole $j = \sqrt{-1}$ sera placé devant les composantes parallèles à OD et par conséquent $-j$ devant les composantes dirigées suivant OD'.

On emploiera donc les notations suivantes:

E_t, la force électromotrice transversale ayant une phase nulle par rapport à la force électromotrice induite à circuit ouvert, représentée par OB;

I_t, la composante transversale du courant ayant un déphasage nul par rapport à la force électromotrice à circuit ouvert;

E_d et I_d, les composantes déphasées (ou directes) de la force électromotrice et du courant ayant un déphasage de $\frac{\pi}{2}$ par rapport à la phase d'une force électromotrice à circuit ouvert.

On introduira, d'après le principe de la méthode des deux réactions, deux coefficients de self-inductance :

L_d sera la self-inductance directe, celle qui s'applique au circuit inducteur passant par les pôles et la culasse (courant I_d);

L_t sera la self-inductance transversale qui s'applique au flux se fermant transversalement sans passer par la culasse (courant I_t).

Ces valeurs L_t et L_d sont des valeurs globales comprenant en même temps chacune respectivement la composante correspondante des self-inductances de fuites de l'enroulement induit. L'impédance vectorielle

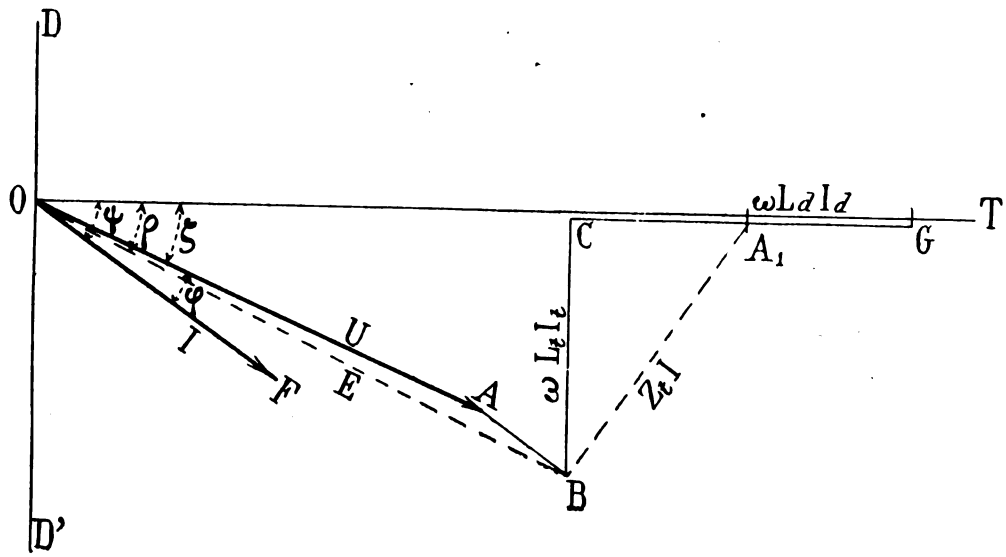


Fig. 1. — Diagramme bipolaire des alternateurs synchrones; cas des deux réactions.

qui s'appliquera à un courant I_t est $r + j\omega L_t$ et l'impédance vectorielle applicable à un courant I_d est $r + j\omega L_d$.

Ces notations et définitions étant bien posées, rappelons que la force électromotrice interne *totale* E est la résultante de la tension aux bornes U et du vecteur de la chute ohmique rI. Cette force électromotrice E équivaut à deux forces électromotrices composantes : E_t, représentée par la projection de E sur l'axe OT et E_d représenté par la projection sur l'axe OD.

Les définitions qu'on vient de donner des vecteurs U, E et I se traduisent par les trois équations symboliques:

$$U = U_t - jU_d = U\cos\zeta - jU\sin\zeta = U(\cos\zeta - j\sin\zeta), \quad (1)$$

$$E = E_t - jE_d = E\cos\rho - jE\sin\rho = E(\cos\rho - j\sin\rho), \quad (2)$$

$$I = I_t - jI_d = I\cos\psi - jI\sin\psi = I(\cos\psi - j\sin\psi). \quad (3)$$

D'autre part, la relation entre U et E se traduit par l'équation symbolique

$$U = \overline{E} - r\overline{I} = E_t - rI_t - j(E_d - rI_d). \quad (4)$$

Pour réaliser en charge le régime U, E, I, défini ci-dessus, l'alternateur doit avoir une excitation telle qu'en circuit ouvert apparaîtrait une certaine force électromotrice théorique E_0 dont le vecteur dirigé suivant l'axe OT serait, par exemple, OG

On complète le diagramme en menant BC qui correspond à la force électromotrice de réaction $\omega L_t I_t$ due à la composante transversale I_t du courant et CG qui représente la force électromotrice de réaction $\omega L_d I_d$ produite par la composante directe I_d du courant.

La force électromotrice joubertique OA_1 est la force électromotrice théorique fictive qui serait nécessaire pour réaliser en charge le régime U, E, I si les deux coefficients de réaction étaient égaux ($L_t = L_d$). On a ainsi

$$CA_1 = \omega L_t I_d.$$

Tel est le diagramme général des générateurs synchrones que j'ai donné déjà en 1899.

Digitized by Google

Pour donner à ce diagramme toute sa généralité, il est intéressant de voir comment un même alternateur de générateur devient récepteur et inversement. Supposons (fig. 2) que le vecteur de tension aux bornes $U = OA$ reste constant, que le vecteur de force élec-

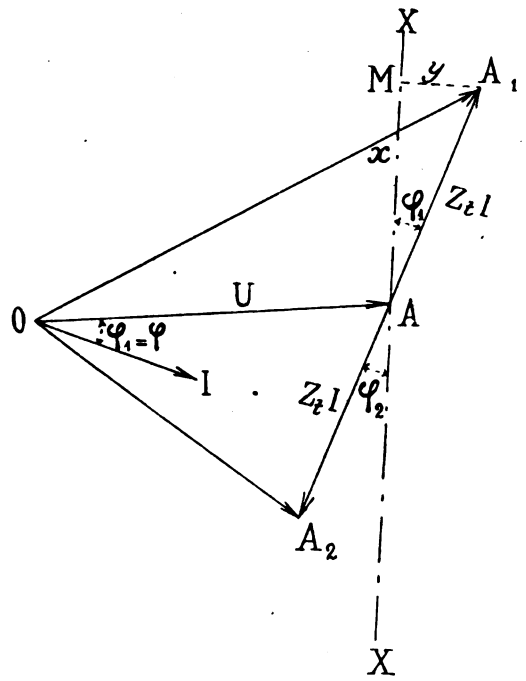


Fig. 2.—Diagramme général d'une transmission d'énergie OAA_1: diagramme du générateur. OAA_2: diagramme du moteur.

tromotrice joubertique OA_1 tourne autour de O vers la direction de OA_2 et qu'il arrive, par exemple, à occuper cette position OA_2. L'appareil devient moteur, l'énergie n'étant plus fournie au réseau dont la tension est U, mais étant, au contraire, fournie par ce réseau. Pour interpréter facilement ce fait, il est commode de supposer que le vecteur de force électromotrice de la machine OA_2 conserve toujours le même signe que OA_1 et que le vecteur représentatif du courant a changé de signe en s'annulant. Le courant travaille, en effet, en sens opposé à la force électromotrice dans le moteur, tandis qu'il travaille dans le même sens que la force électromotrice dans le générateur.

Cette représentation permettra de généraliser toutes les formules de couple, en les rendant applicables aussi bien à un moteur qu'à un générateur; la seule différence entre les deux cas sera un changement du signe de I dans les formules, ou, ce qui revient au même, un changement de signe de l'angle formé par la tension U et la force électromotrice joubertique.

Si l'on compte comme positive la puissance électrique P fournie par un générateur, cette puissance électrique devient négative dans un moteur, qui reçoit de l'énergie au lieu d'en fournir : le changement de signe de I produit automatiquement ce changement de signe de la puissance. La puissance mécanique fournie par le moteur sera donc égale à $\eta(-P)$ en appelant η le coefficient de rendement et $(-P)$, la puissance électrique *consommée* dans le moteur.

Une fois ces conventions établies, il est très facile d'étudier l'effet des réactions d'induit. Dans un moteur, toute puissance additionnelle positive produite par réaction indique que ce moteur est soumis à un effort retardateur puisqu'il débite de l'énergie supplémentaire au lieu d'en recevoir ; inversement, l'apparition d'une puissance négative indique la présence d'un couple accélérateur fourni par l'énergie du réseau.

Au contraire, dans un générateur, un accroissement de puissance positive implique un couple retardateur puisque la machine doit fournir plus de puissance électrique qu'elle ne reçoit de puissance mécanique de la machine qui l'entraîne ; inversement, un accroissement de puissance négative entraîne la présence d'un couple accélérateur.

Ces conventions permettent d'éviter toute erreur dans l'examen que nous ferons des couples accélérateurs ou retardateurs qu'introduisent les variations de phase ou de vitesse.

On peut aussi se proposer de voir, d'une façon générale, comment le diagramme se transforme suivant l'état d'excitation de l'alternateur synchrone dans son fonctionnement en générateur ou en moteur. On distinguera les quatre cas suivants :

a) *Génératrice surexcitée.* — Ce cas est celui que l'on vient d'admettre implicitement. Il est reproduit en I sur la figure 3. Le courant I est en retard d'un angle φ par rapport à la tension U du réseau ; l'alternateur fournit donc au réseau une puissance wattée et une puissance déwattée respectivement égales à $qUI\cos\varphi$ et $qUI\sin\varphi$, q étant le nombre des phases. Toutes ces grandeurs sont *positives*.

b) *Génératrice sous-excitée.* — Diminuons l'excitation, de manière à amener la tension E_0 à être inférieure à celle du réseau. Le diagramme prend la forme représentée par II sur la figure 3. Le courant I est en avance par rapport à U, de sorte que l'angle φ et, en même temps, la puissance déwattée ont changé de signe ; l'alternateur *consomme* de la puissance déwattée empruntée au réseau pour suppléer à l'insuffisance de son excitation.

c) *Moteur synchrone surexcité.* — Le fonctionnement en moteur sur réseau à tension constante est caractérisé par le fait que la tension U est en avance de phase par rapport à E_0. On peut se représenter grossièrement que U est alors à la remorque de E_0, tandis que c'est l'inverse pour le fonctionnement en générateur.

Le diagramme correspondant est indiqué en III sur la figure 3. L'angle φ entre U et I étant compris entre 90° et 180°, la puissance wattée est négative : le moteur consomme donc de la puissance et la puissance réactive est positive : le moteur renvoie donc un excédent de puissance réactive sur le réseau.

d) *Moteur synchrone sous-excité.* — Le diagramme correspondant est donné en IV, figure 3. L'angle φ étant compris entre 180° et 270°, les puissances wattée et

Digitized by Google

déwattée sont négatives ; le moteur consomme la première pour fournir de la puissance mécanique et la seconde, pour compléter son excitation.

On vérifie qu'en inversant le signe du courant on passe de l'alternateur surexcité (diagramme I au moteur sous-excité) (diagramme IV) ou de l'alternateur

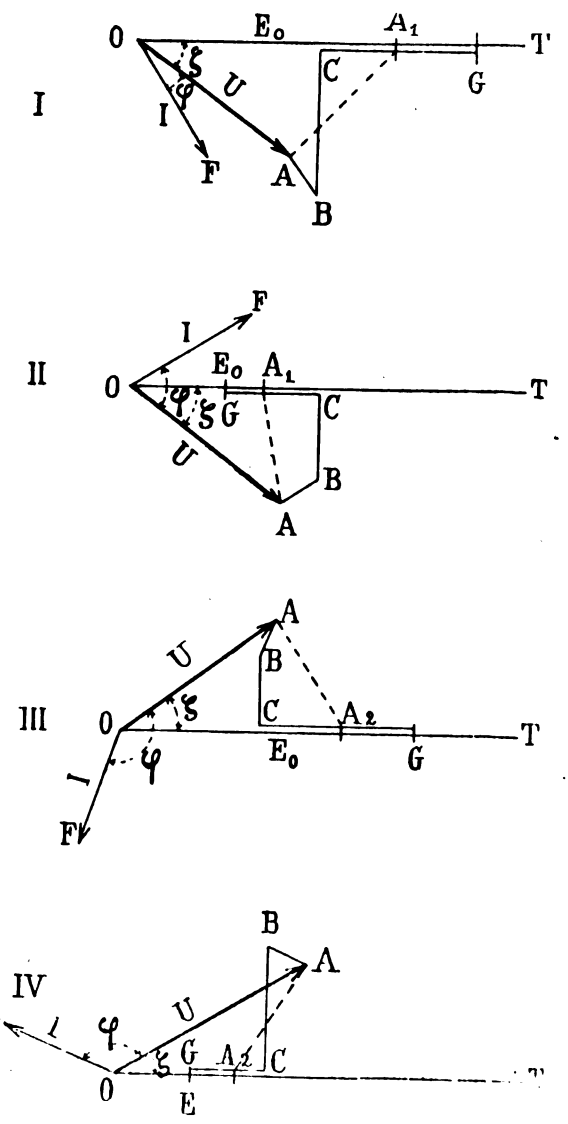


Fig. 3. — Formes générales du diagramme des alternateurs sur réseau à potentiel constant dans les cas d'une génératrice surexcitée (I) ou sous-excitée (II), d'un moteur surexcité (III) ou sous-excité (IV).

sous-excité (diagramme II) au moteur surexcité (diagramme III).

Cela justifie, d'une autre façon, la règle précédemment énoncée.

Les vecteurs de U, E et I prennent d'ailleurs d'eux-mêmes leurs valeurs convenables, de sorte que les formules qu'on établira pour le cas de la génératrice surexcitée (diagramme I), où toutes les grandeurs sont supposées positives, seront valables pour les autres cas ; il suffit de donner des signes convenables aux projections de ces vecteurs.

Les diagrammes de la figure 3 montrent aussi que l'angle ζ change de signe quand on passe du cas générateur au cas moteur ; il est donc logique de déterminer les valeurs algébriques des projections I_t et I_d du courant I ainsi que le déphasage ψ en fonction de la tension du réseau U, de la force électromotrice théorique E_0 et de l'angle ζ.

Projetons le polygone OABCG sur les deux axes OT et OD de la figure 1 respectivement ; on a les deux relations

$$(1)\qquad \begin{cases} U\cos\zeta + rI\cos\psi + \omega L_d I\sin\psi = E_0 ; \\ U\sin\zeta + rI\sin\psi - \omega L_d I\cos\psi = 0 ; \end{cases}$$

d'où l'on déduit les valeurs suivantes de $I\cos\psi = I_t$, de $I\sin\psi = I_d$ et de $\operatorname{tg}\psi$

$$(2)\qquad \begin{cases} I_d = I\sin\psi = \dfrac{\omega L_t (E_0 - U\cos\zeta) + rU\sin\zeta}{r^2 + \omega^2 L_d L_t} ; \\ I_t = I\cos\psi = \dfrac{\omega L_d U\sin\zeta + r(E_0 - U\cos\zeta)}{r^2 + \omega^2 L_d L_t} ; \\ \operatorname{tang}\psi = \dfrac{\omega L_t (E_0 - U\cos\zeta) + rU\sin\zeta}{\omega L_d U\sin\zeta + r(E_0 - U\cos\zeta)} . \end{cases}$$

Si on néglige l'effet des résistances r, on a les expressions *approchées* plus simples

$$(2^{bis})\qquad \begin{cases} I_d = I\sin\psi = \dfrac{E_0 - U\cos\psi}{\omega L_d} ; \\ I_t = I\cos\psi = \dfrac{U\sin\zeta}{\omega L_t} ; \\ \operatorname{tang}\psi = \dfrac{\omega L_t (E_0 - U\cos\zeta)}{\omega L_d U\sin\zeta} . \end{cases}$$

Les deux premières relations de (2) et de (2 *bis*) donneraient aussi la valeur de I en calculant l'expression équivalente

$$I = \sqrt{I_t^2 + I_d^2} .$$

On peut se rapporter à ces expressions dans les applications pour calculer les projections I_t et I_d à introduire dans les formules.

2. Lieu de l'extrémité de la force électromotrice joubertique. — Reportons-nous au diagramme de la figure 1 et projetons les vecteurs des diverses forces électromotrices sur les deux axes habituels : l'*axe transversal* OT (axe de la force électromotrice à vide E_0), l'*axe direct* OD (axe des pôles).

Dans le cas général où l'on travaille dans le coude de la caractéristique, la force électromotrice de réaction directe est une fonction, plus ou moins complexe f (I_d), du courant déphasé qui sera représentée par une courbe rapportée aux ampères-tours inducteurs ou induits qui

Digitized by Google

agissent sur le circuit magnétique principal. La connaissance de cette courbe combinée avec le diagramme permet de déterminer à la fois la loi d'excitation et la valeur de la force électromotrice joubertique. A cet effet, nous pouvons écrire sous la forme suivante les expressions symboliques de la force électromotrice théorique E_0 et de la force électromotrice joubertique $E_j = OA_1$ respectivement, en prenant toujours OT pour axe réel et OD pour axe imaginaire.

$$(a)\quad E_0 = U_t - jU_d + r(I_t - jI_d) + f(I_d) + j\omega L_t I_t.$$

$$(b)\quad E_j = U_t + rI_t + \omega L_j I_d.$$

L'équation (a) se décompose en deux autres, en égalant entre elles les quantités imaginaires des deux membres

$$(3)\quad E_0 = U_t + rI_t + f(I_d).$$

$$(4)\quad o = U_d - rI_d + \omega L_t I_t;$$

d'où l'on déduit, par tâtonnements graphiques, les valeurs de I_t et I_d ; on se donne, par exemple, une valeur arbitraire de I_t et l'on construit $rI_t + j\omega L_t I_t$; de l'extrémité de ce vecteur on décrit un cercle de rayon U et l'on cherche son intersection avec une droite parallèle à I_t et tracée à une distance arbitraire $\mathcal{E}$. L'on obtient ainsi une valeur de I_d ; en reportant $\mathcal{E}$ et les contre-ampères-tours AI_d sur la courbe auxiliaire, on trouve l'excitation correspondante; on tâtonne sur I_d jusqu'à ce que l'on obtienne ainsi l'excitation réelle de la machine correspondant à la force électromotrice E_0 à vide ; une fois que l'on a I_d, il suffit d'ajouter $\omega L_t I_d$ à $\mathcal{E}$ suivant l'axe des pôles pour avoir la force électromotrice joubertique. Dans le cas particulier où l'on peut admettre qu'il y a une self-inductance directe L_d entre certaines limites (1), les équations (a) et (b) se simplifient en remplaçant $f(I_d)$ par $\omega L_d I_d$ et les équations (3) et (4) sont remplacées par les suivantes

$$(3^{bis})\quad E_0 = U_t + rI_t + \omega L_d I_d;$$

$$(4^{bis})\quad o = U_d - rI_d + \omega L_t I_t;$$

(1) Comme je l'ai montré récemment (*Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 28 janvier 1918, t. CLXVI, p. 138-144), on peut admettre qu'il y a une self-induction directe constante lorsque la machine travaille sur réseau à potentiel constant et que le point de régime sur la caractéristique des inducteurs se trouve dans une partie rectiligne de cette caractéristique; cette self-induction constante n'est alors applicable qu'aux variations de courant déphasé dans une certaine limite autour du régime normal correspondant à un point de cette partie rectiligne; autrement dit, on ne doit pas écrire

$$\omega L_d = \frac{E_d}{I_d},$$

en appelant E_d la force électromotrice de réaction de I_d mais bien

$$\omega L_d = \frac{E'_d - E}{I_d - I_d},$$

en désignant par des lettres accentuées les régimes voisins du régime E_d I_d considéré.

d'où l'on déduit les valeurs de I_t et de I_d qui reproduisent, sous une autre forme, les équations (2) du paragraphe 1 ;

$$(5)\quad I_t = \frac{-\omega L_d U_d + r(E_0 - U_t)}{Z_m^2},$$

avec $$Z_m^2 = r^2 + \omega^2 L_d L_t;$$

$$(6)\quad I_d = \frac{\omega L_t (E_0 - U_d) + rU_d}{Z_m^2}.$$

Ces expressions reportées dans (b) donnent

$$(7)\quad E_j = E_0 + \omega(L_t - L_d)\frac{\omega L_t}{Z_m^2}(E_0 - U_t) + \omega(L_t - L_d)\frac{r}{Z_m^2}U_d.$$

Posons les changements d'écriture :

$$(8)\quad \begin{cases} U_d = U\sin\zeta; & U_t = U\cos\zeta, \\ \dfrac{r}{\omega L_t} = \operatorname{tang}\beta; & Z_t = \sqrt{r^2 + \omega^2 L_t^2}; \end{cases}$$

on obtient, après quelques transformations,

$$(9)\quad E_j = E_0\frac{Z_t^2}{Z_m^2} + \omega(L_d - L_t)\frac{Z_t}{Z_m^2}U\cos(\zeta - \beta).$$

ou, sensiblement en négligeant r,

$$(9^{bis})\quad E_j = E_0\frac{L_t}{L_d} + \left(\frac{1}{\omega L_t} - \frac{1}{\omega L_d}\right)Z_t U\cos(\zeta - \beta).$$

La courbe que décrit l'extrémité du vecteur, E, dans ce cas particulier, est un limaçon de Pascal (1) facile à construire à partir de la relation (9) ou (9 *bis*) qui en est l'équation polaire de la forme $\rho = a - b\cos(\zeta - \beta)$.

Pour construire ce limaçon par points, portons à partir du vecteur U pris comme origine des phases (fig. 4) l'angle β défini par sa tangente trigonométrique et menons sous cette orientation l'axe XX qui devient l'axe de symétrie du limaçon. En prenant l'origine O comme centre, traçons un premier cercle C_1 de rayon $OB = E_0$ et un second cercle C_2, de rayon $OA = E_0\frac{Z^2_t}{Z^2_m}$ ou sensiblement égal aussi à $E_0\frac{L_t}{L_d}$. Portons encore sur OX la longueur

$$OC = \frac{1}{2}\omega(L_d - L_t)\frac{Z_t}{Z_m^2}U \cong \frac{Z_t}{2}\left(\frac{1}{\omega L_t} - \frac{1}{\omega L_d}\right)U \cong \frac{1}{2}\left(1 - \frac{L_t}{L_d}\right)U.$$

Cette longueur a été portée de droite à gauche dans

(1) Cette courbe a déjà été obtenue par M. A. Léauté. *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 7 décembre 1917; *Bull. Soc. F. E.* 1918, t. VIII (3e série), p. 147. Voir aussi M. Bethenod. *La Lumière électrique*, 25 décembre 1909.

Digitized by Google

l'hypothèse de $L_d > L_t$. Construisons encore le cercle C_3 de centre C et de rayon OC.

Alors à un angle de déphasage ζ de U par rapport à E_0, correspond la force électromotrice joubertique

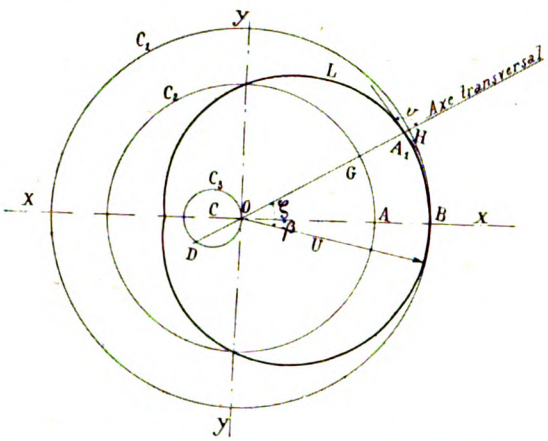


Fig. 4. — Limaçon de Pascal, lieu de l'extrémité du vecteur de force électromotrice joubertique. Cas $L_t < L_d$.

$E = OA_1 = OG + OD$, comme il est aisé de le vérifier. On a tracé le limaçon L entièrement par points, en admettant que le rapport $\frac{L_t}{L_d}$ soit égal à $\frac{7}{10}$.

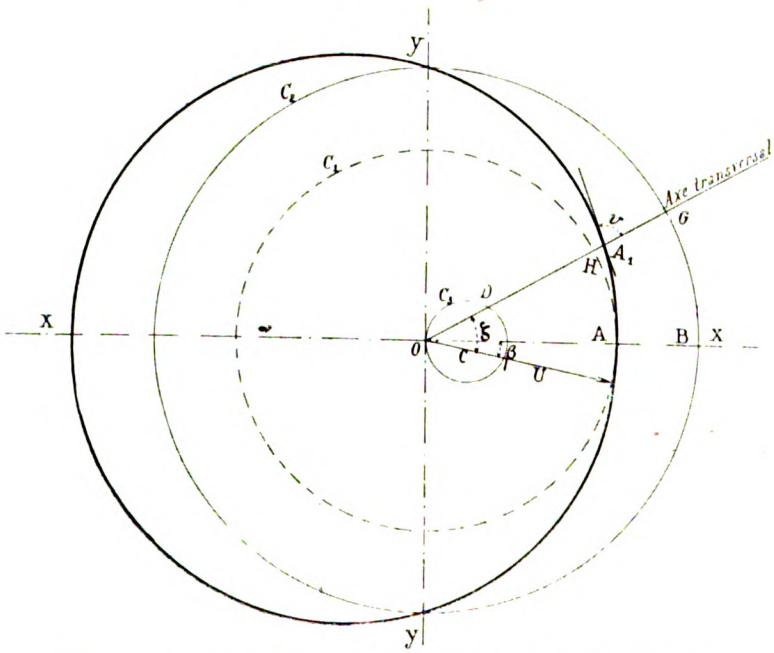


Fig. 5. — Limaçon de Pascal, lieu de l'extrémité du vecteur de force électromotrice joubertique. Cas $L_t > L_d$.

La même construction a été appliquée sur la figure 5 au cas où le rapport $\frac{L_d}{L_t}$ est égal à $\frac{10}{7}$.

On remarquera la différence essentielle de ces deux types de colimaçon. Pour le premier type ($L_t < L_d$), la force électromotrice joubertique E_j décroît à mesure que l'on s'éloigne du point B ; pour le second type ($L_t > L_d$), elle croît au contraire.

Dans le cas limite où les deux réactions sont égales, (ce cas est celui qu'admet la théorie simple des alternateurs établie pour la première fois par Joubert), le petit cercle C_3 disparaît et le limaçon est simplement un cercle de rayon OA représentant E_0 ; inversement, le limaçon s'écarte d'autant plus du cercle de Joubert que la différence $(L_t - L_d)$ est plus accentuée.

L'angle v compris entre le prolongement de la force électromotrice joubertique et la tangente au limaçon se déduit de la relation connue

$$\text{tang } v = \frac{E_j}{\frac{dE_j}{d\xi}}. \qquad (10)$$

qui appliquée à (9) donne la valeur suivante

$$\text{tang } v = -\frac{E_0 \frac{Z_t^2}{Z_m^2} + \omega (L_d - L_t) \frac{Z_t}{Z_m^2} U \cos(\zeta - \beta)}{\omega (L_d - L_t) \frac{Z_t}{Z_m^2} U \sin(\zeta - \beta)}, \qquad (11)$$

ou, sensiblement, avec les approximations déjà utilisées,

$$\text{tang } v \cong -\frac{E_0 Z_t + \omega (L_d - L_t) U \cos(\zeta - \beta)}{\omega (L_d - L_t) U \sin(\zeta - \beta)}. \qquad (11^{bis})$$

Pour $L = L_d$ cet angle prend naturellement la valeur $\frac{\pi}{2}$ (cas du cercle).

3, Courbe polaire représentant la puissance interne en fonction de l'angle ζ. — On peut de même établir l'équation de la courbe polaire de la puissance interne P de l'alternateur.

Soit q le nombre de ses phases ; ν, un coefficient convenable tenant compte des pertes par hystérésis et courants de Foucault, que l'on admettra proportionnelles au carré de la force électromotrice résultante dans l'induit (1).

(1) Cette loi n'est qu'approximative, car on sait que les pertes par hystérésis sont proportionnelles à la puissance 1.6 de l'induction ; mais, étant donné que celle-ci varie beaucoup suivant les courants de l'induit et est notamment beaucoup plus forte dans la denture, il est illusoire d'employer cette puissance 1.6 et on se rapproche très suffisamment de la vérité en admettant que l'ensemble des pertes est proportionnel au carré de la tension. Dans l'hypothèse la plus défavorable, on admettra comme tension résultante dans l'induit $[U + rI + \omega s\bar{I}]$ (s étant un coefficient de self-induction de fuites totales de l'induit). Il serait plus rigoureux de décomposer les fuites totales s et de prendre comme force électromotrice résultante dans l'induit la somme vectorielle $[\bar{U} + r\bar{I} + \omega l_{f3} \bar{I}]$ où l_{f3} est la self-induction totale de

Digitized by Google

Pour prendre le cas le plus général, on admettra que la chute de tension de l'induit résulte d'une résistance r et d'un coefficient de fuite s d'où

$$(12)\quad P = q\,(U_t I_t + U_d I_d) + qr(I_t^2 + I_d^2) + \nu\,[(U_t + rI_t + \omega s I_d)^2 + (U_d + rI_d - \omega s I_t)^2].$$

Développons, en remplaçant I_t et I_d par leurs expressions (5) et (6) et négligeons, comme étant du second ordre, les termes en r^2 et en $\omega^2 s^2$ dans ces puissances perdues. On a ainsi le développement

$$(13)\quad P = q\frac{E_0 U_d}{\omega L_d} + qU_t U_d\left(\frac{1}{\omega L_t} - \frac{1}{\omega L_d}\right) + q\frac{r}{\omega^2 L_d L_t}\left\{E_0^2\frac{L_t}{L_d} + E_0 U_t\left(1 - 2\frac{L_t}{L_d}\right) + U_t^2\left(\frac{L_t}{L_d} - 1\right) + U_d^2\left(\frac{L_d}{L_t} - 1\right)\right\} + \nu\left\{U^2 + 2r\left[\frac{E_0}{L_d}U_d + U_t U_d\left(\frac{1}{\omega L_t} - \frac{1}{\omega L_d}\right)\right] + 2\omega s\left[\frac{E_0}{\omega L_d}U_t - \frac{U_t^2}{\omega L_d} - \frac{U_d^2}{\omega L_t}\right]\right\}.$$

En tenant compte des définitions (8), cette expression s'écrit également

$$(14)\quad P = q\frac{E_0}{\omega L_d}U\sin\zeta + \frac{q}{2}\left(\frac{1}{\omega L_t} - \frac{1}{\omega L_d}\right)U^2\sin 2\zeta + q\frac{r}{\omega^2 L_d L_t}\left\{E_0^2\frac{L_t}{L_d} + \left(1 - 2\frac{L_t}{L_d}\right)E_0 U\cos\zeta + U^2\left(\frac{L_t}{L_d}\cos^2\zeta + \frac{L_d}{L_t}\sin^2\zeta - 1\right)\right\} + \nu\left\{U^2 + 2r\left[\frac{E_0}{\omega L_d}U\sin\zeta + \frac{1}{2}\left(\frac{1}{\omega L_t} - \frac{1}{\omega L_d}\right)U^2\sin 2\zeta\right] + 2\omega s\left[\frac{E_0}{\omega L_d}U\cos\zeta - U^2\left(\frac{\cos^2\zeta}{\omega L_d} + \frac{\sin^2\zeta}{\omega L_t}\right)\right]\right\}.$$

La représentation de P par une courbe polaire (coordonnées P et ζ avec U comme direction origine) est ainsi très compliquée dans le cas général. Quand on néglige les pertes et quand $L_d = L_t$, la courbe polaire de P, lieu du point M sur la figure 6, se réduit aux deux cercles C_1 et C_2 tangents au vecteur U à l'origine et de même diamètre $q\dfrac{E_0 U}{\omega L_d}$. La différence des deux self-inductances L_d et L_t se traduit par l'adjonction au vecteur précédent d'un second vecteur dont l'extrémité décrit une rosace à quatre branches (fréquence double) représentée schématiquement sur la figure 6. L'effet des pertes serait de compliquer encore la courbe polaire par la superposition de cercles et de rosaces.

Un cas intéressant est celui pour lequel l'excitation

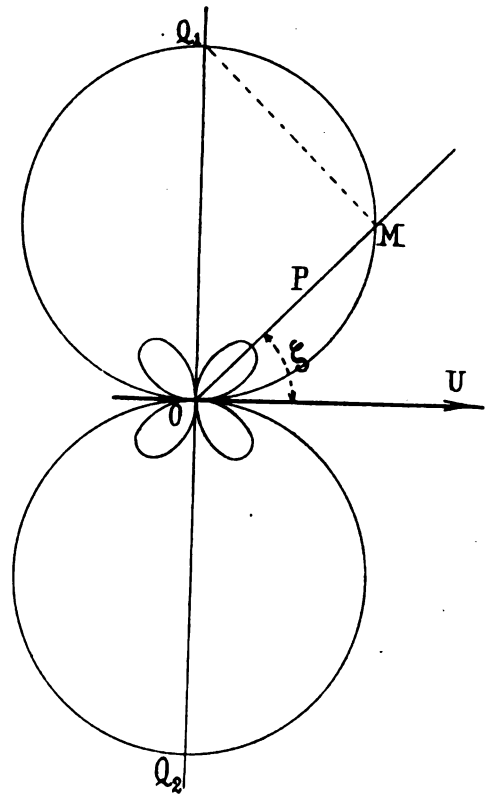


Fig. 6. — Représentation polaire de la puissance interne P d'un alternateur travaillant sur un réseau à potentiel constant.

est supprimée ($E_0 = 0$); il correspond à l'hypothèse de la marche d'un moteur synchrone non excité sous charge réduite. L'équation (15), déduite de (14) en faisant $E_0 = 0$, montre le rôle joué par les différences des self-inductances L_d et L_t dans cette marche

$$(15)\quad P = U^2\left(\frac{q}{2} + \nu r\right)\left(\frac{1}{\omega L_t} - \frac{1}{\omega L_d}\right)\sin 2\zeta + U^2\left[\frac{qr}{2}\left(\frac{1}{\omega^2 L_d^2} - \frac{1}{\omega^2 L_t^2}\right) + \omega s\nu\left(\frac{1}{\omega L_t} - \frac{1}{\omega L_d}\right)\right]\cos 2\zeta + U^2\left[\nu + \frac{qr}{2}\left(\frac{1}{\omega L_t} - \frac{1}{\omega L_d}\right)^2 - \omega s\nu\left(\frac{1}{\omega L_t} + \frac{1}{\omega L_d}\right)\right].$$

La puissance P est donc la somme de trois vecteurs: l'un indépendant de l'angle ζ et qui serait ainsi représenté par un cercle de centre O; les deux autres seraient donnés chacun par une rosace à quatre bran-

fuites s diminuée des fuites f_2 entre les dents de l'induit (voir ma note aux *Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences*, 1914, t. CLVIII, p. 1961). Les pertes sont donc ici approchées par excès, mais la différence n'est pas très grande. On peut d'ailleurs, comme je l'ai indiqué plus haut, attribuer complètement les fuites à une dérivation de flux et non à une self-induction et se contenter de considérer le vecteur $U + rI$; les formules sont simplifiées alors comme on le verra plus loin.

Digitized by Google

ches; les maxima des deux rosaces sont décalés de $\frac{\pi}{4}$.

La puissance synchronisante $\frac{dP}{d\zeta}\,d\zeta$ d'un tel alternateur a pour expression

$$(16)\quad \frac{dP}{d\zeta}\,d\zeta = U^2\left[\frac{q}{2}+\nu r+\frac{qr}{2}\left(\frac{1}{\omega L_t}+\frac{1}{\omega L_d}\right)-\omega s\nu\right]\left(\frac{1}{\omega L_t}-\frac{1}{\omega L_d}\right)\sin 4\zeta\, d\zeta.$$

Elle est positive quand $L_t < L_d$. La marche peut donc être stable.

4. Topogramme des puissances. — J'ai donné ailleurs et notamment dans mon livre : « Les Moteurs synchrones » le calcul du centre des cercles de puissances internes constantes. Je tenais compte des pertes par hystérésis et courants de Foucault en majorant d'une façon convenable les pertes par effet Joule. Mais on peut tout aussi bien partir de l'expression (12). Désignons, pour simplifier, par $x = Z_t I\cos\varphi$ la projection du vecteur $Z_t I = AA_1$ sur la ligne XX de phases nulles du diagramme bipolaire de la figure 2, et par $y = Z_t I\sin\varphi$ la projection de $Z_t I$ sur une droite perpendiculaire. Les courbes isodynes seront ainsi rapportées au point A_1, extrémité de la force électromotrice joubertique.

La puissance interne déduite de (12) s'écrit alors sous la forme suivante

$$(17)\quad \begin{aligned} P &= qUI\cos\varphi + qrI^2 + \nu\left[U^2 + 2rUI\cos\varphi + 2\omega sUI\sin\varphi + (r^2+\omega^2s^2)I^2\right]\\ &= qU\frac{x}{Z_t} + qr\left(\frac{x^2}{Z_t^2}+\frac{y^2}{Z_t^2}\right) + \nu\left[U^2 + 2rU\frac{x}{Z}\right.\\ &\quad \left. + 2\omega sU\frac{y}{Z_t} + (r^2+\omega^2s^2)\left(\frac{x^2}{Z_t^2}+\frac{y^2}{Z_t^2}\right)\right]. \end{aligned}$$

En groupant les termes en fonction des puissances décroissantes de x et de y, on en déduit l'équation des isodynes

$$(18)\quad x^2+y^2+\frac{(q+2\nu r)Z_tU}{qr+\nu(r^2+\omega^2s^2}\,x+\frac{2\omega s\nu Z_tUy}{qr+\nu(r^2+\omega^2s^2)} = (P-\nu U^2)\frac{Z_t^2}{qr+\nu(r^2+\omega^2s^2)} = \text{Cte}.$$

C'est l'équation d'un cercle dont les coordonnées du centre x_c et y_c sont

$$(19)\quad \begin{cases} x_c = -\dfrac{r(q+2\nu r)}{qr+\nu(r^2+\omega^2s^2)}\times\dfrac{U}{2\cos\gamma_t}.\\ y_c = -\dfrac{2s\nu}{qr+\nu(r^2+\omega^2s^2)}\times\dfrac{U}{2\cos\gamma_t}. \end{cases}$$

en désignant par γ_t l'angle défini par sa tangente trigonométrique

$$\operatorname{tang}\gamma_t = \frac{\omega L_t}{r}$$

Ce centre est donc légèrement déplacé par rapport à sa position que j'avais indiquée autrefois d'une façon moins précise. Il n'est plus sur la ligne XX de phase nulle, mais un peu à gauche de cette ligne, et son abscisse est légèrement modifiée sous l'effet des termes en ν et en s.

L'équation (18) peut aussi s'écrire

$$(20)\quad \begin{aligned} &\left[x+\frac{1}{2}\frac{(q+2\nu r)Z_tU}{qr+\nu(r^2+\omega^2s^2)}\right]^2+\left[y+\frac{\omega s\nu Z_tU}{qr+\nu(r^2+\omega^2s^2)}\right]^2\\ &= (P-\nu U^2)\frac{Z_t^2}{qr+\nu(r^2+\omega^2s^2)}\\ &\quad +\frac{1}{4}\left[\frac{(q+2\nu r)Z_tU}{qr+\nu(r^2+\omega^2s^2)}\right]^2+\left[\frac{\omega s\nu Z_t^2U}{qr+\nu(r^2+\omega^2s^2)}\right]^2\\ &= P\frac{Z_t^2}{qr+\nu(r^2+\omega^2s^2)}+\frac{q^2Z_t^2U^2}{4[qr+\nu(r^2+\omega^2s^2)]^2}. \end{aligned}$$

Dans le cas d'un moteur synchrone, P est à changer en $-P$ et la puissance maximum $-\Pi$ que l'on pourrait recueillir au moteur correspondra au centre N lui-même; elle sera

$$(21)\quad -\Pi = \frac{U^2}{4}\frac{q^2}{qr+\nu(r^2+\omega^2s^2)}.$$

L'expression du rayon ρ du cercle peut donc s'écrire, en simplifiant l'écriture

$$(22)\quad \rho = \frac{U}{2\cos\gamma_t}\times\frac{1}{1+\dfrac{\nu Z_t^2}{qr}}\times\sqrt{1-\frac{P}{\Pi}},$$

formule qui ne diffère que par le facteur

$$\frac{1}{1+\dfrac{\nu Z_t^2}{qr}}$$

de celle que j'ai donnée autrefois.

Ce facteur se réduit à l'unité, quand on néglige les pertes dans le fer ($\nu = 0$). La puissance maximum (relation 21) se réduit alors à la relation connue

$$(23)\quad \frac{q}{4}\frac{U^2}{r}.$$

Elle est diminuée par l'effet des coefficients ν et s.

Le tracé d'une famille de ces isodynes, d'une part, et, d'autre part, d'une famille de limaçons correspondant à une succession de valeurs croissantes de E_0 (c'est-à-dire pratiquement du courant d'excitation), permet de

Digitized by Google

construire aisément les courbes en V de l'alternateur, et, aussi, de discuter les conditions de stabilité des machines synchrones.

III. **Stabilité de marche des machines synchrones travaillant sur un réseau à potentiel constant.** — 1. Conditions graphiques de stabilité. — Portons le limaçon de Pascal, lieu de la force électromotrice joubertique, sur le réseau topographique des cercles concentriques d'égale puissance interne qu'on vient de calculer, en faisant coïncider le vecteur origine U. On obtient une épure telle que celle de la figure 7, qui va nous permettre de discuter sans calcul les conditions de stabilité.

La partie de la figure située au-dessus de OA corres-

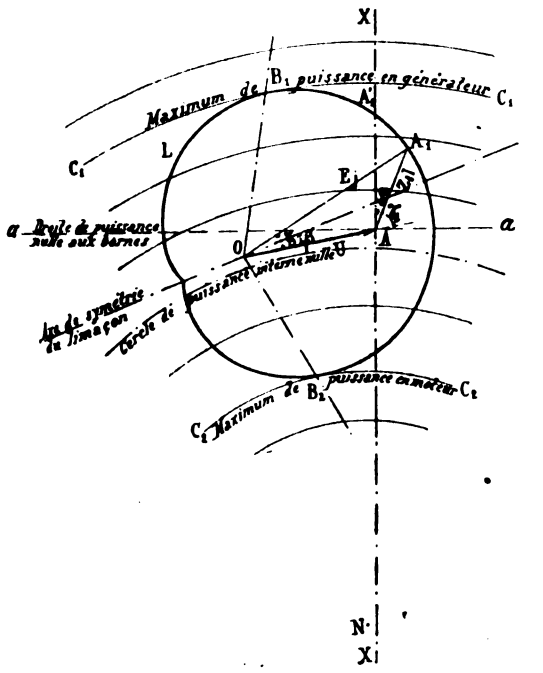


Fig. 7. — Diagramme de stabilité de marche des machines synchrones travaillant sur un réseau à potentiel constant.

pond au cas d'un générateur et la partie située au-dessous de OA au cas moteur.

a) Dans *la marche en générateur*, il y a stabilité si à un accroissement de la puissance mécanique entraînante correspond un accroissement de la puissance électrique interne de l'alternateur.

Sur le diagramme, un accroissement de puissance mécanique correspond à un accroissement de l'angle ζ, de sorte que A_1 vient, par exemple, en A'_1. Comme on se déplace ainsi, tout d'abord, dans le sens des isodynes croissantes, la condition de stabilité est réalisée, mais elle ne l'est plus à partir du point B_1, point de tangence commun au limaçon et au réseau des cercles isodynes. L'angle AOB_1 limite donc l'ensemble des régimes stables, et le cercle $C_1B_1C_1$ donne la puissance interne maximum que peut fournir la génératrice. Pour une puissance supérieure, l'alternateur se décroche.

b) Dans la *marche en moteur*, il y a stabilité tant qu'à un accroissement de charge mécanique (représenté par un accroissement en valeur absolue de l'angle AOB_2) correspond à un accroissement de puissance électrique consommée. Cette condition est réalisée tant que le point A_1 situé sur le limaçon n'a pas atteint le point limite B_2 pour lequel le limaçon devient tangent au cercle de puissance passant en ce point. L'angle AOB_2 limite les régions de marche stable, et le cercle $C_2B_2C_2$ donne la puissance maximum que peut fournir le moteur sans se décrocher.

Pour un alternateur donné, la position et les dimensions du limaçon dépendent de l'excitation. On aura, en particulier, des régions de stabilité différentes suivant que l'alternateur sera surexcité ou sous-excité.

2. Influence de l'excitation sur la stabilité. — Dans le cas simple de la théorie de Joubert, les limaçons se réduisent à des cercles concentriques et leur rayon correspond à la force électromotrice E_0. On a repré-

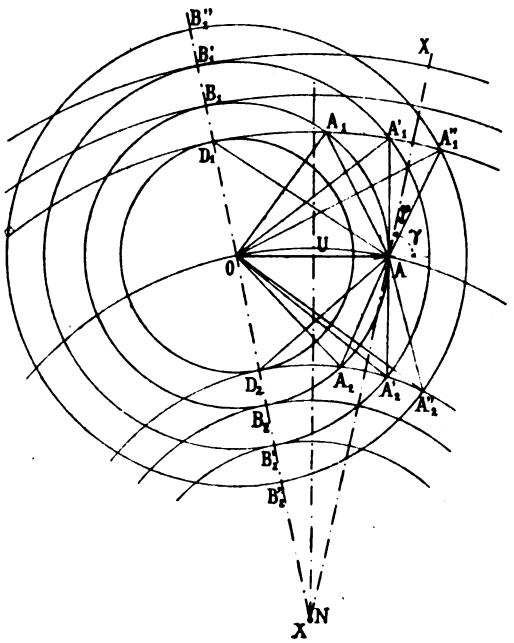


Fig. 8.

senté quelques-uns de ces cercles sur le réseau des isodynes de la figure 8, qu'on a tracé, pour simplifier, en négligeant les pertes par hystérésis et courants de Foucault ($r = 0$).

La marche stable en générateur est comprise dans l'angle AOB_1 et la marche stable en moteur dans l'angle AOB_2.

On vérifie que la puissance compatible avec le

Digitized by Google

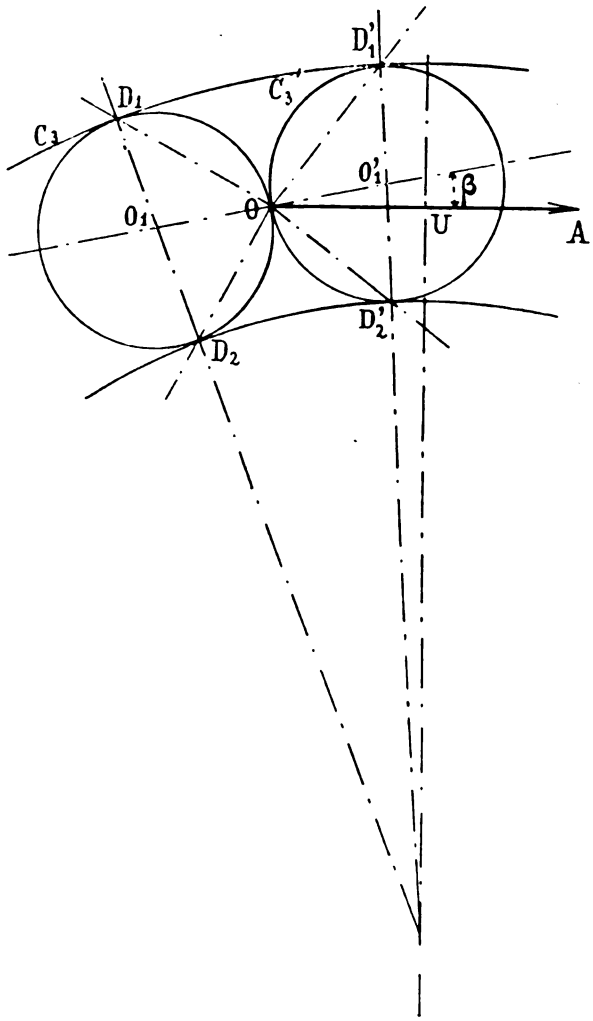


Fig. 9. — Stabilité d'un alternateur non excité travaillant sur un réseau à potentiel constant.

régime stable croît avec la force électromotrice E_0, c'est-à-dire avec l'excitation.

Le diagramme permet aussi de déterminer la force électromotrice E_0, c'est-à-dire aussi l'excitation nécessaire pour produire un déphasage déterminé du courant I à puissance interne constante. En se déplaçant ainsi sur le cercle $OA_1A'_1A''_1$, on peut construire la courbe en V de la génératrice; et en se déplaçant sur le cercle $D_2A_2A'_2A''_2$, la courbe en V du moteur.

Dans le cas de la théorie des deux réactions, la discussion de l'effet de l'excitation est plus difficile à cause du tracé des limaçons.

D'autre part, on a vu que cette théorie expliquait seule la marche d'un alternateur non excité; elle permet donc seule d'étudier la stabilité de marche dans ce fonctionnement particulier. Pour $E_0 = 0$, le limaçon des figures 4 et 5 se réduit aux cercles correctifs C_3, généralement de petit rayon

$$OC = \frac{1}{2}\left(1 - \frac{L'}{L_d}\right) I.$$

Si l'on simplifie encore le réseau des isodynes en négligeant les pertes par hystérésis et courant de Foucault ($\nu = 0$), on a la représentation de la figure ci-contre (fig. 9) : le cercle C_3 correspond au cas où $L' > L_d$ et C'_3 au cas où $L_t < L_d$. La région de stabilité se trouve, pour le premier cas, dans l'angle supérieur à 180° D_1OD_2 et pour le second cas, dans l'angle $D'_1OD'_2$. A la limite, pour $L_t = L_d$, les cercles disparaissent en se confondant avec le point O : la marche sans excitation n'est plus possible.

(*A suivre*).

A. Blondel.
Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées.

Revues, analyses et informations

Sur une classe particulière de pile (1).

Convaincu que les liquides sont des gaz sous une forte autocompression (compression interne) et que, par conséquent, tout comme les liquides, ils doivent dissoudre, sous une pression convenable, les corps et en particulier les sels métalliques et devenir conducteurs de l'électricité par la dissociation électrolytique de ces sels, l'auteur a réalisé le dispositif suivant : Dans un bloc de cuivre est creusé une cavité cylindrique contenant une solution saturée à froid de sulfate de cuivre. Par dessus ce premier bloc est placé un deuxième formant couvercle, isolé par du mica et de l'amiante. Les deux blocs étant fortement pressés l'un sur l'autre, la cavité se trouve être hermétiquement fermée. En chauffant cet ensemble à une température voisine de la température critique de l'eau, l'auteur a pensé que la cavité contiendrait deux phases, une phase liquide formée d'eau contenant en solution du sulfate de cuivre, en contact avec le premier bloc de cuivre, et une phase gazeuse, en contact avec le couvercle de cuivre, formée de vapeur d'eau contenant également en solution du sulfate de cuivre, mais en proportion probablement moindre que dans la phase liquide, et il se formera ainsi une pile dont les électrodes seront les deux blocs de cuivre. L'expérience a confirmé cette prévision, ce qui a conduit a essayer de constituer des piles analogues pouvant fonctionner à la température et à la pression des milieux naturels. L'auteur a constaté qu'il est possible de constituer une très grande variété de piles formées de deux liquides non miscibles, directement superposés et contenant en solution ou à l'état colloïdal un sel (ou un mélange de sels) d'un métal, en contact chacun avec une électrode formée du même métal. Le fonctionnement de ces piles ne produit aucune réaction chimique et aucune modification de la concentration des deux solutions en contact. Cette dernière constatation a fait dire à M. Karpen que « ces piles semblent contredire le deuxième principe de la thermodynamique ». Cependant M. Janet fait observer à la suite de la note, que, pour que cette contradiction fût établie, il faudrait prouver d'une façon tout à fait rigoureuse que le cycle parcouru par les corps en présence constitue un cycle fermé. — M.-H. B.

(1) Vasilesco Karpen. *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 10 juillet 1922, t. CLXXV, p. 96-98. 1000 mots.

Digitized by Google

SECTION INDUSTRIELLE

Note sur la comparaison des machines électriques au moyen de graphiques logarithmiques

Dans cette étude l'auteur reprend l'emploi des diagrammes à échelles logarithmiques pour la comparaison des machines électriques, en y introduisant la notion de puissance par pôle. Il étend ensuite cet emploi des diagrammes au calcul même des dimensions, en représentant, en fonction de la puissance, le coefficient $K = \frac{D^2 L n}{P} 10^{-4}$ *qui n'est autre que l'inverse du coefficient de Kapp. Le système qu'il propose est avantageux en ce sens qu'une seule droite suffit pour déterminer les dimensions de la machine et que, d'autre part, il n'est plus indispensable d'admettre la proportionalité de la puissance à la vitesse, proportionalité que la pratique ne justifie pas.*

Introduction. — M. Blonstein, dans un article paru dans le numéro de la « R. G. E. » du 16 juillet 1921 (1), a montré l'intérêt pratique que présentent les diagrammes à échelles logarithmiques pour la comparaison des machines électriques. Il a adopté comme base de son étude la puissance des machines à 1 000 t : mn, et il a dû admettre pour cela que la puissance d'une machine varie proportionnellement à la vitesse. Cette dernière hypothèse n'est pas vérifiée dans la pratique ; pour des raisons de ventilation, en particulier, la puissance varie plus rapidement que la vitesse. Certaines légères irrégularités que présentent les graphiques qui accompagnent l'article de M. Blonstein peuvent, peut-être, trouver leur cause dans cette hypothèse initialement admise.

Pour donner plus de rigueur à notre étude, nous avons adopté des diagrammes à échelles logarithmiques dans lesquels nous avons porté en abscisses les puissances par pôle, indépendamment de la vitesse. Cette notion de puissance par pôle, bien qu'essentiellement électrique, n'en a pas moins une grande importance : c'est elle, en effet, qui, pour une vitesse donnée, fixe les dimensions de la machine.

I. **Comparaison des machines électriques**. — Reprenant les données de M. Blonstein, nous avons construit de nouveaux graphiques. Pour les machines à courant continu, nous avons obtenu, pour les prix et les poids, des points mieux alignés que ne l'étaient ceux des graphiques de M. Blonstein.

A chaque nombre de pôles correspondent une droite pour le poids et une droite pour le prix. La loi logarithmique se trouve d'autant mieux confirmée que nous n'avons fait subir aucune modification aux conditions de fonctionnement des machines.

(1) Sur la comparaison des machines électriques au moyen de diagrammes ; J. Blonstein. *R. G. E.*, 16 juillet 1921, t. X, p. 97-103.

Les droites ainsi obtenues permettent de comparer, au point de vue prix, des machines fonctionnant dans les mêmes conditions de puissance et de vitesse et ayant un nombre différent de paires de pôles.

II. **Détermination des dimensions des machines**. — L'application des diagrammes à échelles logarithmiques peut s'étendre à la détermination des dimensions des machines. Dans le but d'obtenir une surface de radiation convenable et une faible valeur du nombre des ampères-tours à la périphérie de l'induit en vue de la commutation et du flux magnétique, on base ordinairement la détermination des dimensions sur la valeur du coefficient d'utilisation

$$K = \frac{D^2 L n}{P} 10^{-4}, \qquad (1)$$

pour la tension donnée. Dans cette expression, K n'est autre que l'inverse du coefficient de Kapp, D est l'expression en centimètres du diamètre de l'induit à l'entrefer ; L, celle de la longueur totale de l'induit ; n, le nombre de tours par minute, et P représente la puissance exprimée en chevaux.

En étudiant la variation de K en fonction de la puissance par pôle $\frac{P}{p}$, nous avons constaté qu'en adoptant des échelles logarithmiques, cette variation est représentée par une droite. Ce résultat nous permet de simplifier la détermination des dimensions des machines.

Soit en effet

$$\log K = \alpha_1 \log \frac{P}{p} + \log \beta.$$

l'équation de cette droite, α_1 et β étant des constantes déterminées empiriquement.

Digitized by Google

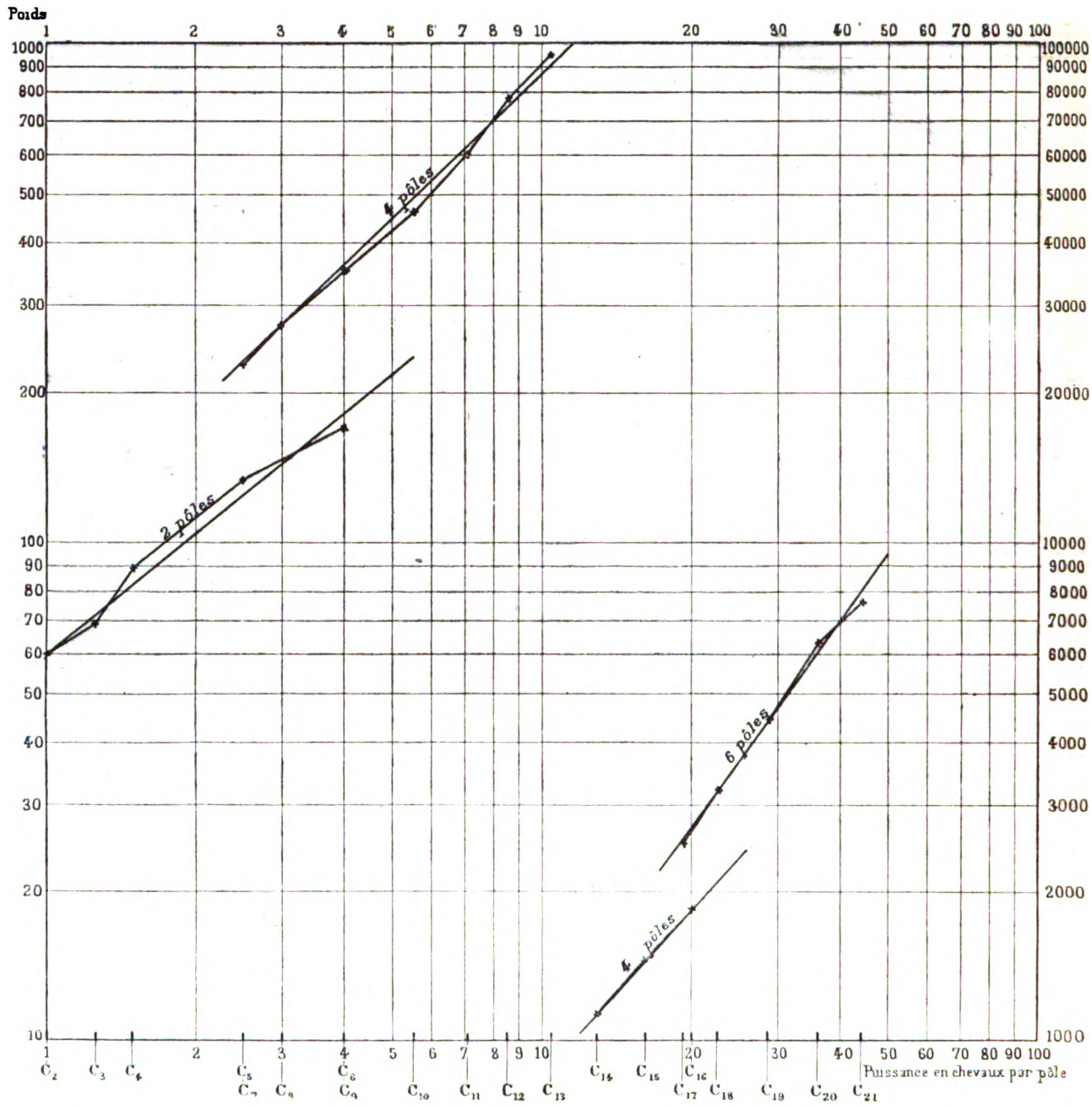


Fig. 1. — Poids des moteurs à courant continu en fonction de la puissance par pôle.

Nous en tirons

$$K = \beta \left(\frac{P}{p}\right)^{\alpha_1}. \qquad (2)$$

A. Cas de la fréquence 50 p : s. — Si nous adoptons une fréquence de 50 p : s, nous avons

$$n = \frac{6\,000}{p};$$

introduisons cette valeur de n dans (1), éliminons K entre (1) et (2), résolvons par rapport à D^2L et prenons les logarithmes ; nous obtenons

$$\log D^2 L = 1 + \log\beta - \log 6 + (\alpha_1 + 1)\log\frac{P}{p} + 2\log p. \qquad (3)$$

D'autre part, on admet dans la construction une certaine relation entre la longueur L et le pas polaire τ :

$$L = \lambda\tau = \lambda\frac{\pi D}{p}.$$

Digitized by Google

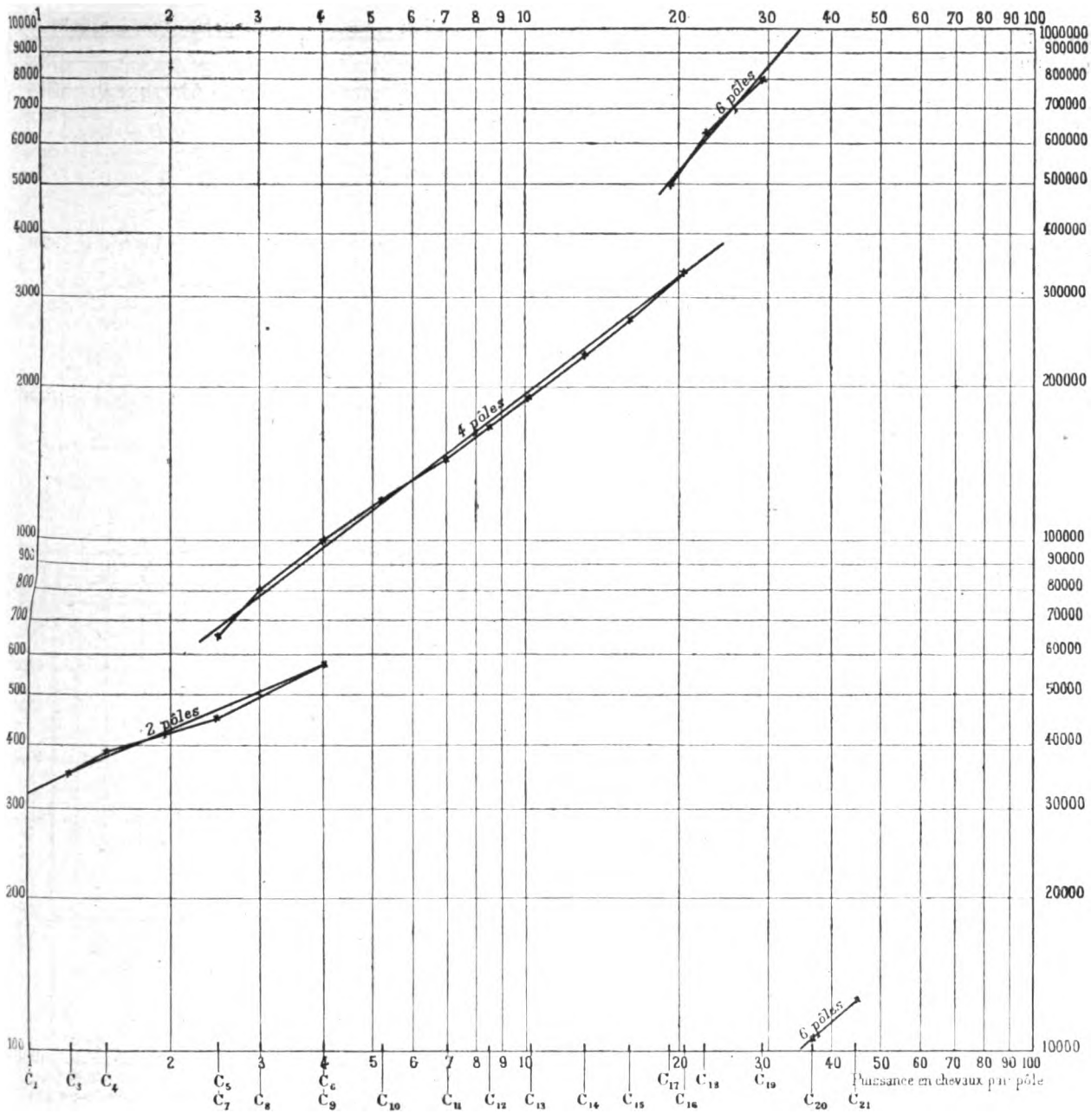


Fig. 2. — Prix, en francs, des moteurs à courant continu en fonction de la puissance par pôle.

On obtient, en introduisant cette expression de L dans (3)

$$\log D = \log \gamma + \alpha \log \frac{P}{p} + \log p, \qquad (4)$$

après avoir posé

$$\log \gamma = \frac{1}{3}(1 + \log \beta - \log 6 - \log \pi - \log \lambda),$$

$$\alpha = \frac{\alpha_1 + 1}{3}.$$

Sur un graphique logarithmique, en prenant p comme paramètre, l'équation (4) représnte une famille de droites parallèles. En d'autres termes, pour un nombre de pôles donné, nous pouvons lire directement sur une droite la valeur de D.

La constante α_1 est forcément négative puisque la courbe représentative de K, en fonction de $\frac{P}{p}$, tourne toujours sa concavité vers les valeurs positives de K. Pour les machines que nous avons étudiées, nous avons obtenu pour α_1 une valeur variant entre — 0,22 et — 0,25, il en résulte que α varie entre 0,26 et 0,25.

Digitized by Google

Supposons que nous passions du nombre p de pôles au nombre $2p$ et admettons, pour un instant, que la puissance soit constante, nous aurons

$$\log D_1 = \log\gamma + \alpha \log\frac{P}{2p} + \log 2 + \log p$$

$$= \log\gamma + \alpha \log\frac{P}{p} + \log p - (\log 2) \times (\alpha - 1)$$

et, en rapprochant de l'équation (1),

$$\log D_1 - \log D = 0{,}74 \log 2.$$

Ainsi on obtient ce résultat, vérifié dans la pratique: pour une même puissance, le diamètre d'alésage varie en sens inverse de la vitesse.

La relation $L = \lambda\pi\frac{D}{p}$ nous permet de construire des droites correspondant à chacune des valeurs de p et donnant rapidement la valeur de L lorsque D est connu.

$$\log L = (\log\lambda + \log\pi) + \log D - \log p.$$

Toutes ces droites étant parallèles, une seule suffira à la détermination de L

$$\log L = \log D + (\log\lambda + \log\pi).$$

Si l'on admet pour K la valeur

$$K = \frac{D^2 L n\, 10^{-4}}{P},$$

ainsi que l'on a tendance à le faire pour certaines

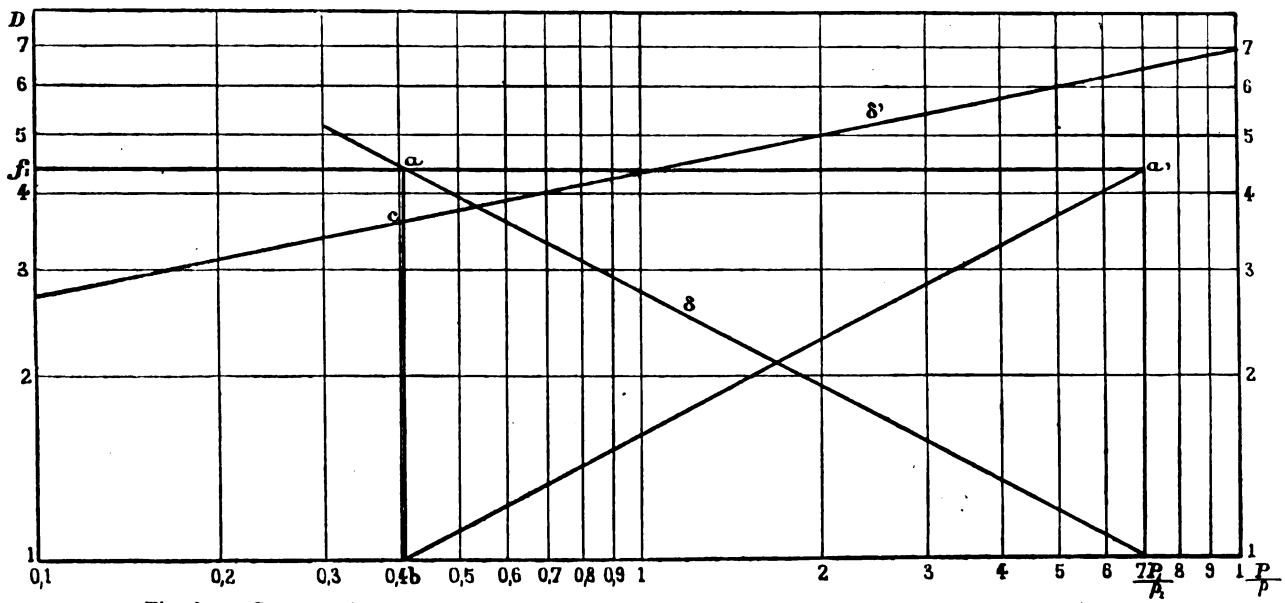


Fig. 3. — Construction en vue de la détermination du diamètre pour une fréquence quelconque.

machines tournant très vite, la représentation de D et de L est réalisée également à l'aide de droites. La puissance exprimée en chevaux pourrait sans inconvénient l'être en kilowatts, par exemple; ce changement n'entraînerait qu'une simple translation de la droite représentative.

B. Cas d'une fréquence quelconque. — Dans l'exposé que nous venons de faire, nous avons surtout envisagé les machines à courant alternatif et nous avons admis une fréquence de 50 p : s. Dans les machines à courant continu, la fréquence f est très variable; les échelles logarithmiques, grâce à la construction simple que nous allons indiquer, nous permettront de déterminer les dimensions des machines aussi rapidement que pour une fréquence de 50 p : s.

En posant

$$n = \frac{120 f}{p}.$$

et

$$\log\gamma = 3 + \log\beta - \log 12 - \log\lambda - \log\pi,$$

on trouve, par un calcul analogue à celui qui a été fait plus haut,

$$\log D = \log\gamma + \alpha \log\frac{P}{p} + \log p - \frac{1}{3}\log f.$$

Sans doute nous pourrions déplacer la droite représentative de D parallèlement à elle-même pour déterminer graphiquement le diamètre D_1 correspondant à une puissance par pôle $\frac{P_1}{p}$ donnée et à une fréquence f_1 donnée, mais il est préférable d'opérer comme il suit:

Du point $\frac{P_1}{p}$ (fig. 3) correspondant à la puissance par pôle $\frac{P_1}{p}$ que doit fournir la machine, mener une droite 3

Digitized by Google

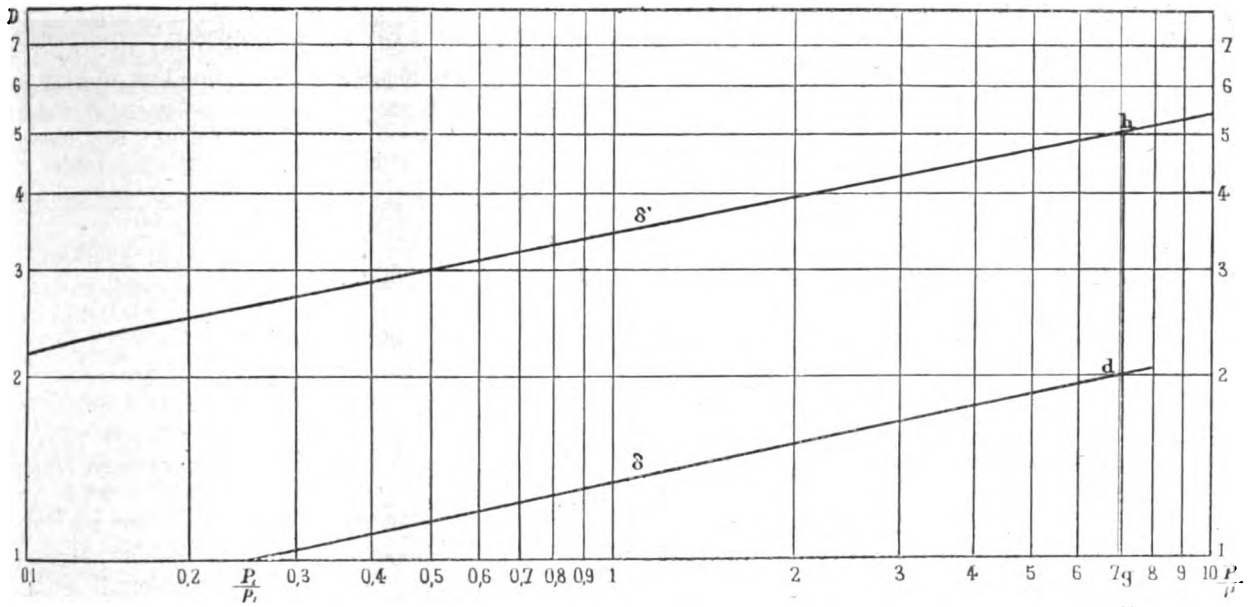


Fig. 4. — Construction en vue de la détermination du diamètre D pour un nombre quelconque p de pôles.

de coefficient angulaire -3α ; soit δ' la droite représentée par l'équation

$$\log D = \log \gamma + \alpha \log \frac{P}{p} + \log p.$$

La droite d'ordonnée f_1 coupe δ en a ; de a mener une parallèle ab à l'axe des ordonnées ; ab coupe δ' en c ; on a $bc = \log D$. En effet

$$bc = \log \gamma + \alpha . ob + \log p$$

$$ob = \log \frac{P_1}{p} - \frac{1}{3\alpha} \log f_1,$$

donc

$$bc = \log \gamma + \alpha \log \frac{P_1}{p} - \frac{1}{3} \log f_1 + \log p = \log D_1.$$

Ainsi, pour un nombre de pôles donné, une seule droite et une direction fixe de droite suffisent pour déterminer les machines à toutes les fréquences.

C. Cas d'un nombre de pôles quelconque. — Pour passer d'un nombre de pôles à un autre, on pourrait encore déplacer la droite δ'

$$\log D = \log \gamma + \alpha \log \frac{P}{p},$$

parallèlement à elle-même ; il est préférable de mener par le point d'abscisse $\frac{P_1}{p}$ une droite δ parallèle à δ' (fig. 4) ; cette droite coupe la droite d'ordonnée p en d ; l'ordonnée gh est égale à $\log D_1$, car

$$gh = \log \gamma + \alpha\, og, \qquad og = \log \frac{P_1}{p_1} + \frac{1}{\alpha} \log p_1,$$

d'où

$$gh = \log \gamma + \alpha \log \frac{P_1}{p_1} + \log p_1 = \log D_1.$$

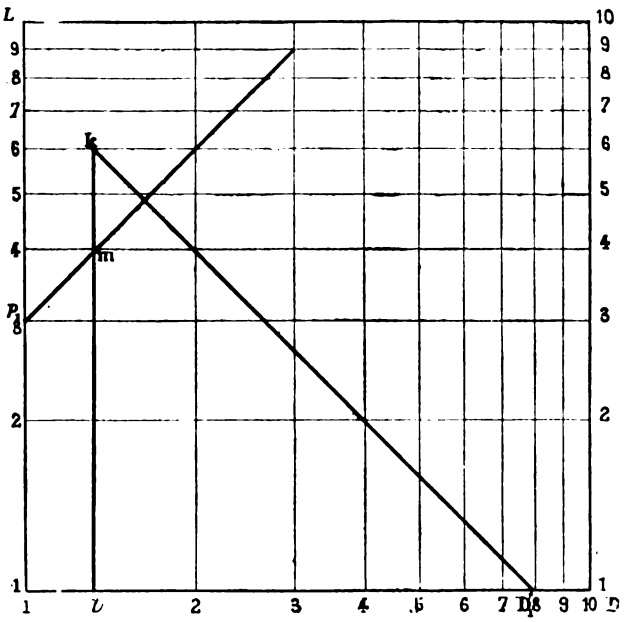


Fig. 5. — Construction en vue de la détermination de la longueur L.

Pour déterminer L, on construit (fig. 5) la droite

$$\log L = \log D + (\log \lambda + \log \pi).$$

Par le point D_1, on mène une perpendiculaire à cette droite ; cette perpendiculaire rencontre la droite d'or-

Digitized by Google

donnée p_1 au point k, l'ordonnée lm est égale à $\log L_1$; en effet

$$lm = \log\lambda + \log\pi + ol$$

$$ol = \log D_1 - \log p_1$$

donc

$$lm = \log\gamma' + \log D_1 - \log p_1 = \log L_1.$$

avec

$$\log\gamma' = \log\lambda + \log\pi.$$

Conclusion. — Dans le cas des machines à courant continu, la représentation à l'aide d'échelles logarithmiques présente de très sérieux avantages sur la représentation ordinaire. Avec cette dernière, en effet, on ne peut songer à déterminer que K, et l'on doit pour cela avoir recours à un système compliqué de courbes permettant d'obtenir K pour une fréquence quelconque. Avec un tel système, on est conduit à admettre la proportionnalité de la puissance à la vitesse.

Au contraire, avec le système d'échelles logarithmiques, une seule droite suffit pour déterminer les dimensions d'une machine sans que l'on ait à faire une hypothèse quelconque.

La comparaison rapide des valeurs des diamètres d'alésages, des poids et des prix est ainsi rendue possible ; on obtient par suite une meilleure utilisation des machines et il devient aisé de se rendre compte dans quel sens et dans quelles proportions on doit modifier les machines d'une série.

Soullié,
Ancien élève de l'Ecole Polytechnique, ingénieur aux F. A. C. E. J., à Jeumont (Nord).

Remarque. — La construction de la figure 3 peut être réalisée d'une manière légèrement différente : du point de rencontre à de la droite d'abscisse $\frac{P_1}{p}$ et de la droite f_1 ou même une droite de coefficient angulaire $+3\alpha$, elle coupe l'axe des abscisses en b et l'on a : $bc = \log D$.

Appareil de répétition des signaux et de contrôle automatique des trains système " Regan "

La densité du trafic et les vitesses toujours croissantes sur nos lignes de chemins de fer imposent aux compagnies l'obligation de rechercher des dispositifs de protection de mieux en mieux étudiés pour assurer la sécurité des voyageurs. Or, le contrôle automatique semble jouir d'une faveur toute spéciale parce qu'il est possible de le concevoir non seulement pour seconder le mécanicien, mais même encore pour le suppléer complètement en cas de défaillance de sa part. Nous donnons ci-dessous la description du système « Regan » dont l'adoption a été rendue obligatoire en Amérique et qui vient d'être l'objet, en Angleterre, d'un rapport très favorable du « Automatic Train Control Committee Ministry of Transport ». En France, des essais ont été faits sur la ligne de Paris à Dieppe ainsi que nous l'avons signalé dans un article paru dans la « R. G. E. » 24 septembre 1921, t. X, p. 406 ; ce premier article était principalement consacré à la description des appareils installés sur la voie et sur la locomotive ; aujourd'hui nous présentons le schéma des circuits qui diffère un peu du dispositif original auquel on a apporté certaines améliorations réclamées par le Comité de l'Exploitation technique des Chemins de fer.

Introduction.

L'appareil de « Contrôle automatique des trains système Regan », tel qu'il avait été présenté en France pour les essais sur la ligne de Paris à Dieppe en janvier 1921, répondait au programme imposé aux Etats-Unis pour les appareils de ce genre. Nous basant sur l'opinion des experts français, après avoir connu les objections de principe que son usage aurait soulevées en France, et afin de répondre aux desiderata du Comité de l'Exploitation technique des Chemins de fer, nous avons apporté au programme original certaines améliorations qui se résument comme suit :

1° Les signaux seront contrôlés, répétés et enregistrés dans la cabine du mécanicien.

2° Le mécanicien devra exécuter la manœuvre conventionnelle de « Vigilance » à l'approche de tout signal de ralentissement.

3° Au passage d'un disque ou annonciateur pouvant commander le ralentissement ou l'arrêt différé ou éventuel, ou encore au passage d'un signal spécial fixe ou mobile de ralentissement, il y aura réduction automatique de vitesse. Cette opération devra être immédiatement annulée par le mécanicien qui reprendra ainsi toute son indépendance, mais l'acte du mécanicien sera enregistré, établissant ainsi sa responsabilité.

L'action automatique étant annulée, l'appareil assurera la répétition acoustique de tous les signaux même en cas de chevauchement, comme il assurait déjà la répétition optique. Dans le cas contraire, le ralentisse-

Digitized by Google

ment sera tel, qu'il y aura arrêt avant le point protégé par le disque ou l' « annonciateur », et que la vitesse sera largement abaissée jusqu'à la limite voulue au point où doit s'opérer le ralentissement commandé par le signal spécial.

Les dispositions qui précèdent sont indispensables pour satisfaire aux deux conditions primordiales suivantes :

a) Faire intervenir le serrage automatique au passage de toutes les rampes à l'arrêt ou à l'attention de manière à contrôler le bon fonctionnement de l'appareil.

b) Assurer l'arrêt quand la non-intervention du mécanicien laisse supposer que celui-ci se trouve momentanément dans l'impossibilité d'agir lui-même.

4° *Au passage d'un signal* d'arrêt absolu, le train sera freiné automatiquement jusqu'à l'arrêt. Après celui-ci, le mécanicien pourra repartir à vitesse normale en actionnant les commutateurs de dégagement prévus à cet effet. Comme au paragraphe 3, cette opération sera enregistrée laissant ainsi au mécanicien la responsabilité de son acte.

5° La répétition sur la locomotive sera à la fois acoustique (sifflets) et optique (lampes ou voyants) ; une sonnerie fonctionnera au passage des signaux indiquant « voie libre » pour que le mécanicien soit sûr à tout instant du bon fonctionnement des appareils.

6° *a*) La répétition acoustique pour l'indication « voie libre » se fera seulement au passage des signaux.

b) La répétition acoustique pour les signaux indiquant le ralentissement « attention » et l'arrêt absolu « danger » se fera au passage de la rampe correspondante et durera jusqu'au moment où le mécanicien interviendra pour contrôler la marche du train.

c) La répétition optique sera continue c'est-à-dire qu'elle s'opérera depuis le signal considéré jusqu'au signal suivant.

Considérations générales.

L'appareil répétiteur de signaux et de contrôle automatique des trains système Regan tel qu'il est conçu pour la France, a pour but d'assurer automatiquement le contrôle et la répétition des signaux dans la cabine du mécanicien et aussi le ralentissement et l'arrêt in extremis, c'est-à-dire quand l'élément humain a failli, lorsque les conditions de marche l'exigent et ce indépendamment de la position des signaux.

Tout en possédant les avantages d'un appareil avertisseur doublé du contrôle automatique, l'appareil Regan possède le grand avantage de ne pas émousser l'attention du mécanicien ; au contraire, comme on le verra plus loin cet appareil est le véritable contrôle de vigilance. Il établit d'une façon irréfutable l'enregistrement de la manœuvre que doit opérer le mécanicien avant le passage d'un disque de ralentissement. Avec l'appareil Regan le mécanicien demeure le maître absolu de sa locomotive qu'il contrôle à sa guise. En effet, après le passage d'un signal annonciateur qui se présente dans la position de fermeture, c'est-à-dire qui commande l'attention, l'appareil répète cette indication et provoque une application modérée des freins ; mais cette opération automatique peut être annulée immédiatement par le mécanicien.

De même qu'après un arrêt automatique qui a lieu au passage d'un signal d'arrêt absolu, le mécanicien peut repartir à vitesse normale.

Pour annuler l'action automatique de l'appareil afin de reprendre la marche normale après un serrage modéré des freins, ou pour repartir à marche normale après un arrêt automatique, il faut que le mécanicien actionne un organe spécial ; mais son action, en la circonstance, est enregistrée sur la bande du chronotachymètre de façon à établir sa responsabilité.

Sur le schéma qui accompagne cette notice, nous avons conçu deux commutateurs de dégagement. On pourrait, si on le désirait, les installer de façon que la coopération du mécanicien et du chauffeur soit nécessaire pour reprendre la vitesse normale après un arrêt automatique.

Un style spécial actionné par le bouton de vigilance ou par le commutateur de dégagement ou par le bouton poussoir enregistre la manœuvre exécutée par l'opérateur. Cet enregistrement établit la responsabilité, car, à l'arrivée au dépôt, un examen de la bande permettra de constater la vigilance du mécanicien.

L'appareil peut, en outre, avertir du danger et produire l'arrêt automatique du train franchissant un signal équipé avec ce dispositif et quelles qu'en soient les indications :

1° Lorsqu'il y a occupation de la section de voie comprise entre le signal considéré et le signal suivant ;

2° A un embranchement, en cas de risque de collision avec des trains circulant sur des voies convergentes ou cisaillantes par rapport à celle que parcourt le train considéré ;

3° A une aiguille occupant une position défectueuse ou susceptible, par prise en talon, de se trouver avariée par le passage du train ;

4° En cas d'enlèvement ou de rupture d'un rail de la section de voie située immédiatement en aval du signal considéré.

En résumé, le freinage automatique a toujours lieu lorsque le ralentissement ou l'arrêt automatique s'impose pour le cas où le mécanicien, averti ou non par les signaux, n'interviendrait pas. Mais le mécanicien une fois prévenu par l'appareil peut faire cesser le serrage automatique et reprendre son indépendance complète de marche, en effectuant une manœuvre de commutateur enregistrée sur la bande du chronotachymètre.

En outre, le mécanicien doit fournir, avant le franchissement des signaux à « l'attention », la preuve de sa vigilance en agissant sur un bouton spécial, manœuvre également enregistrée.

Description

L'appareil « Regan », du type électromécanique, comprend un certain nombre d'organes reliés par des

Digitized by Google

circuits électriques, et répartis en deux groupes.

1° L'appareil de voie, disposésur le côté de la voie à proximité du signal intéressé ;

2° L'appareil de machine, disposé sur la locomotive.

L'appareil est représenté sur le schéma de la page suivante.

I° **Appareil de voie.** — La disposition de l'appareil de voie, telle qu'elle est figurée sur le schéma ci-joint, est relative au cas où les indications « attention » et « arrêt absolu » sont données par deux signaux différents, l'un d'eux, le signal annonciateur, pouvant donner les deux indications « voie libre » ou « attention » ; l'autre, le signal d'arrêt absolu, placé à 1 000 m en aval du précédent, étant susceptible de donner les deux indications « voie libre » ou « arrêt absolu ».

Cette disposition est celle qui a été suivie lors des essais de présentation de l'appareil « Regan », effectués le 28 janvier 1921, sur la voie impaire de la ligne à double voie Paris-Dieppe par Pontoise.

L'appareil de voie, installé *au signal annonciateur*, est constitué comme suit :

Dans l'axe de la voie(1), et à une distance convenable en amont du signal, est disposée, parallèlement aux rails, une *rampe isolée R*, d'une trentaine de mètres de longueur, avec laquelle un frotteur A, porté par la machine, peut venir en contact, ainsi qu'on le verra plus loin. Cette rampe est formée de deux fers cornières accolés par une aile, avec interposition d'une lame de cuivre, de manière à présenter une section transversale en T, les ailes non accolées étant disposées horizontalement à la partie inférieure. Elle présente, à chacune de ses extrémités, un plan incliné destiné à assurer le fonctionnement du frotteur de la machine, et à amortir les chocs de ce dernier lors des passages en vitesse. Elle est maintenue par des supports en fonte et des blocs de bois montés aux extrémités des traverses, et se trouve ainsi isolée électriquement des rails de roulement.

Une *pile de voie P* (40-49), composée, dans le montage présenté, de huit éléments, est reliée à un *interrupteur double I* (52-54), qui, en temps normal, est maintenu fermé sous l'action du *relais K* (59-60), mettant ainsi la pile P en liaison avec le commutateur-inverseur G (41-48), dont la position est déterminée par celle du signal.

Lorsque le signal est à « voie libre », le commutateur inverseur G occupe la position de gauche (sur le schéma), établissant les liaisons entre 41 et 42, d'une part ; entre 47 et 48, d'autre part. La rampe R se trouve alors reliée au pôle positif de la pile P de la manière suivante : 40 (pôle positif de la pile) ; 52, 53, 41, 42, 43 (rampe) ; tandis que les rails de roulement sont reliés au pôle négatif : 46 (rails de roulement), 47, 48, 55, 54, 49 (pôle négatif de la pile).

Au contraire, dans le cas où le signal est à l'« attention », le commutateur-inverseur G occupe la position de droite, établissant la liaison entre 41 et 50, d'une part ; entre 48 et 51, d'autre part. La rampe R est alors reliée au pôle négatif de la pile P : 43, 51, 48, 55, 54, 49, et les rails de roulement au pôle positif : 40, 52, 53, 41, 50, 46.

Le relais K (59-60) est alimenté par une *pile L* (56-63), les rails de roulement servant de conducteurs. Ceux-ci sont isolés en S_1 et S_2, à l'entrée et à la sortie de la section de voie comprise entre le signal considéré et le signal suivant. Normalement, le courant de la pile L parcourt le circuit 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, traversant la bobine du relais K et maintenant fermé l'interrupteur double I. Lorsqu'un obstacle situé sur la voie établit une liaison électrique entre les deux rails de roulement, le courant passant dans la bobine du relais K se trouve réduit, permettant à l'interrupteur double I de s'ouvrir, et de supprimer toute communication entre la pile P, d'une part, la rampe et les rails de roulement, d'autre part.

L'appareil de voie du *signal d'arrêt absolu* est analogue à celui du signal annonciateur. La seule différence concerne le commutateur G' (71-78) qui fonctionne de la manière suivante :

Lorsque le signal est à « voie libre », ce commutateur G' se trouve dans la position de gauche (sur le schéma), établissant les liaisons entre 71 et 72, d'une part ; entre 77 et 78, d'autre part. La rampe R' se trouve alors reliée au pôle positif de la pile P' (70-79), et les rails de roulement au pôle négatif, d'une façon analogue à ce qui a lieu pour le signal annonciateur mis à « voie libre ».

Dans le cas où, au contraire, le signal se trouve fermé, le commutateur G' occupe la position de droite, interrompant toute communication entre la pile P', d'une part, la rampe R' et les rails de roulement, d'autre part.

En résumé, le principe du fonctionnement de l'appareil de voie, tel qu'il a été présenté, est le suivant :

1° Quand un signal annonciateur ou d'« attention » se trouve à « voie libre », la rampe correspondante est reliée au pôle positif de la pile de voie, et les rails de roulement au pôle négatif ;

2° Lorsqu'un signal annonciateur indique l'« attention », la rampe correspondante se trouve reliée au pôle négatif de la pile de voie, et les rails de roulement au pôle positif ;

3° Si un signal d'arrêt absolu est dans la position de fermeture, la rampe correspondante et les rails de roulement sont complètement isolés de la pile de voie ;

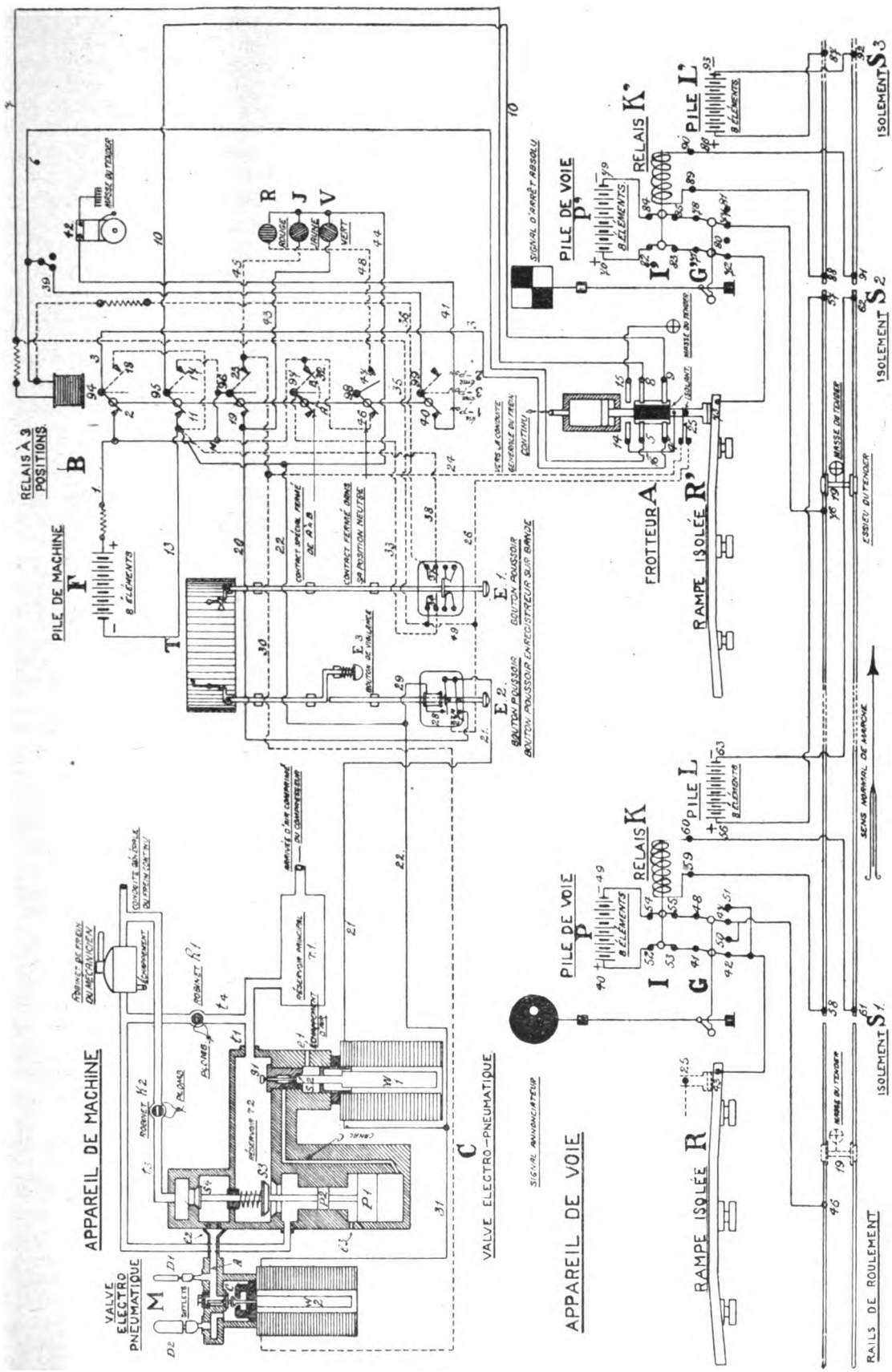
4° Dans le cas où un obstacle met en communication électrique les deux rails de roulement d'une section de voie comprise entre un signal (annonciateur ou d'attention) et le signal suivant, la rampe correspondant au premier de ces signaux se trouve, comme dans le cas précédent, complètement isolée de la pile de voie.

II. **Appareil de machine.** — L'appareil de machine comprend sept organes reliés par des circuits élec-

(1) Dans les essais de présentation susvisés, la rampe avait dû être disposée sur le côté de la voie, son emplacement normal étant déjà occupé par le crocodile de l'appareil avertisseur.

Digitized by Google

— L'APPAREIL DE MACHINE EST REPRÉSENTÉ DANS SA POSITION NORMALE DE MARCHE. LES SIGNAUX SONT SUPPOSÉS À VOIE LIBRE —



Digitized by Google

triques et trois lampes électriques R, J, V. Ces organes sont les suivants :

Un frotteur A ;

Un relais à trois positions B ;

Une valve électropneumatique C ;

Une valve électropneumatique M avec sifflets D_1 et D_2 ;

Un bouton poussoir E_1 avec style pour enregistrement ;

Un commutateur magnétique de dégagement E_2 et bouton poussoir de vigilance E_3 avec style commun pour enregistrement ;

Une pile de machine F.

A. Frotteur. — Disposé sur le tender ou sur la machine et dans leur axe (1), le frotteur A est susceptible de venir rencontrer la rampe isolée R ; il peut établir alors, avec celle-ci, un contact électrique et se trouve soulevé à son passage.

Ce frotteur est terminé par un sabot rapporté en acier trempé, disposé à l'extrémité inférieure d'une tige verticale cylindrique pour permettre, par rotation, le renouvellement des surfaces de contact du sabot avec la rampe.

Une boîte en fonte supporte la tige et les organes annexes du frotteur ; elle est fixée sur la partie non suspendue du tender de manière à rester toujours à la même hauteur au-dessus des rails de roulement.

La tige du frotteur peut coulisser verticalement en suivant les mouvements de montée et de descente que prend le sabot à son passage sur une rampe ; elle est terminée, à sa partie supérieure, par un piston susceptible de se déplacer dans un cylindre relié par sa partie supérieure à la conduite générale du frein continu ; le frotteur se trouve ainsi normalement maintenu abaissé par la pression de l'air comprimé de cette conduite. Ce dispositif assure une pression uniforme du sabot sur la rampe, suffisamment importante pour permettre un bon contact électrique, malgré les éléments étrangers, tels que la neige et le verglas, qui peuvent se déposer sur celle-ci.

En outre, la tige est creuse sur une certaine hauteur à partir de son extrémité supérieure, et des sections de moindre résistance mécanique sont prévues, de manière que la rupture de la tige, pouvant résulter d'un choc sur un obstacle fortuit, se produise en l'un de ces points faibles, provoquant ainsi le blocage des freins.

D'autre part, une cheville est disposée pour maintenir le frotteur relevé lorsque la répétition des signaux et le contrôle automatique ne sont pas utilisés ; la pile de machine F se trouve alors isolée et ne débite pas de courant, ce qui évite son usure inutile.

La tige du frotteur est munie d'un contact spécial 25 et de deux plaquettes de cuivre, isolées électriquement l'une de l'autre, solidaires du mouvement vertical du sabot et pouvant établir des liaisons électriques entre six mâchoires 4, 5, 14 et 9, 8, 15, disposées latéralement à l'intérieur de la boîte du frotteur.

Lorsque celui-ci est complètement abaissé (position inférieure), la liaison électrique est réalisée entre les mâchoires 4 et 5, 9 et 8. Soulevé progressivement, il établit tout d'abord (position intermédiaire) la liaison entre les trois mâchoires 4, 5 et 14, d'une part, et, d'autre part, entre les trois mâchoires 9, 8 et 15. Enfin, lorsqu'il est dans la position supérieure, les mâchoires 4 et 9 se trouvent isolées des autres, et la liaison n'existe plus qu'entre 5 et 14, d'une part ; entre 8 et 15, d'autre part.

B. Relais a trois positions. — Sur le tender ou sur la machine mais sur la partie suspendue du chassis, se trouve disposé un relais B, composé d'un électroaimant et de six commutateurs accouplés 94, 95, 96, 97, 98, 99. Ceux-ci peuvent occuper trois positions déterminées par le courant de la pile de voie P qui traverse la bobine du relais B, lorsque le frotteur A, soulevé complètement par la rampe, se trouve dans sa position supérieure, isolant ainsi les mâchoires 4 et 9. Cet isolement coupe le circuit de la pile de machine qui alimentait la bobine de l'électroaimant du relais B, alors que le frotteur se trouvait dans la position inférieure.

Les positions extrêmes de gauche (première position) et de droite (deuxième position) du schéma correspondant aux deux sens opposés que peut avoir le courant de la pile de voie P, respectivement 6 vers 7 ou 7 vers 6 et la troisième position (ou position neutre) correspondant à l'absence du courant.

Le courant de la pile de machine F, obligé du fait de la position prise par les commutateurs susvisés, de circuler dans le même sens que le courant de la pile de voie, se substitue à ce dernier lorsque le frotteur reprend sa position limite inférieure en abandonnant la rampe et maintient ainsi le relais à trois positions dans la position que lui a donnée au passage la pile de voie.

En cas seulement d'arrêt automatique, alors que les commutateurs occupent la position neutre (ou troisième position), c'est-à-dire après passage du frotteur sur une rampe dépourvue de courant, en appuyant sur le bouton poussoir E_1 on établit un circuit spécial, ce qui a pour effet d'amener les commutateurs à la deuxième position. Ils y sont maintenus par le courant de la pile de machine, dont ils ont, dans cette position, fermé le circuit.

Ce sont les positions prises par les six commutateurs du relais B, qui règlent le fonctionnement des valves électropneumatiques C et M, et des signaux acoustiques et optiques, sonnerie 42, sifflets D_1, D_2 et lampes R, J, V.

C. Valve électropneumatique. — La valve électropneumatique C est placée sur la machine.

Elle comprend, comme organe électrique, un électroaimant dont la bobine est traversée par le courant fourni par la pile de machine F lorsque les commuta-

(1) Dans les essais de présentation le frotteur a dû être disposé sur le côté du tender du fait du désaxement de la rampe signalé précédemment.

Digitized by Google

teurs du relais B se trouvent dans la position extrême de gauche ; dans la position extrême de droite, le mécanicien doit établir le circuit fournissant le courant pour l'alimentation de la bobine ; elle n'est, au contraire, parcourue par aucun courant lorsque ces commutateurs occupent la position neutre. Cet électroaimant règle la position d'un plongeur W_1 auquel est attelée une soupape double S_1, S_2.

La valve C comprend en outre un servomoteur constitué par un piston différentiel P_1, P_2 sur la tige duquel sont calées deux soupapes S_3, S_4,

Lorsque la bobine de l'électroaimant est parcourue par le courant de la pile de machine F, le plongeur W et la soupape double se trouvent soulevés, l'orifice S_2 fermé, et l'orifice S_1 ouvert. L'air comprimé du réservoir principal r_1 arrivant par le tuyau t_1, passe par l'orifice s_1, le canal c, et vient agir sur la face inférieure du piston P_1 qu'il soulève. La chambre d'air qui se trouve entre les pistons P_1 et P_2 est en communication avec l'atmosphère par l'orifice e_3. Ce piston P_1 étant soulevé, la soupape S_3 est ouverte, et la soupape s_4 fermée ; l'air comprimé du réservoir principal r_1 peut alors passer dans la conduite générale du frein continu par l'intermédiaire du robinet de frein du mécanicien qui conserve le contrôle normal de la marche de son train comme si l'appareil n'existait plus.

Si aucun courant ne traverse la bobine de l'électroaimant, le plongeur W et la soupape double sont maintenus abaissés sous l'effet de leur propre poids, de manière que l'orifice s_1 soit fermé et l'orifice s_2 ouvert. La chambre du cylindre située au-dessous du piston P_1 est alors mise en communication avec l'atmosphère par l'intermédiaire du canal c, de l'orifice s_2 et de l'orifice d'échappement e_1. L'air comprimé agit sur la face supérieure du piston P_2 pour l'abaisser jusqu'à ce que la soupape s_2 soit fermée ; ce mouvement de haut en bas se trouve facilité par la pression du ressort disposé au-dessus de la soupape s_3, ainsi que par la pression de l'air comprimé de la conduite générale sur la soupape s_4. La soupape s_4 se trouve alors ouverte et l'air comprimé de la conduite générale passera par e_2 et A pour s'échapper dans l'atmosphère après avoir actionné le sifflet D_1 pour le ralentissement ou l'attention et les sifflets D_1 et D_2 pour l'arrêt.

De plus, la soupape s_2 est fermée ; la communication entre le réservoir principal r_1 et le robinet du frein du mécanicien est interrompue ; le mécanicien est obligé, pour desserrer les freins, de rétablir le circuit électrique qui enverra du courant dans la bobine de l'électroaimant de la valve C.

Opération (enregistrée comme on le verra par la suite) qui établira la responsabilité du mécanicien.

Par contre, le mécanicien est toujours à même par la manœuvre de son robinet d'augmenter le serrage automatique des freins s'il n'a pas encore atteint son maximum.

Nota. — Sur le schéma ci-joint, sont figurés deux robinets K_1 et K_2 disposés, le premier sur un tuyau t_1 qui relie le réservoir principal r_1 au robinet de frein du mécanicien ; le second, sur le tuyau t_3 qui relie la valve C à la conduite générale du frein continu.

Ces robinets occupent régulièrement la position indiquée sur la figure et dans laquelle il sont normalement plombés.

En cas de dérangement de l'appareil rendant son fonctionnement impossible, le mécanicien est autorisé à isoler le dispositif de contrôle automatique en ouvrant le robinet K_1 et fermant le robinet K_2. Mais cette manœuvre exceptionnelle doit toujours être justifiée.

On remarquera que l'isolement du dispositif de répétition acoustique, par suite du seul dérangement de la valve C, n'influence en aucune façon la répétition optique, qui donnera les avertissements au mécanicien.

D. Valve électropneumatique avec sifflets. — La valve électropneumatique M avec sifflets D_1, D_2 est placée sur la machine à un endroit convenable pour que les sifflets en action soient entendus par le mécanicien et le chauffeur.

Comme la valve précédente, elle comprend un électroaimant. La bobine de cet électroaimant n'est traversée par le courant fourni par la pile de machine F que lorsque les commutateurs du relais B se trouvent dans la position extrême de droite ou deuxième position qui commande les circuits pour la vitesse limitée ou « attention ».

Cet électroaimant règle la position d'un plongeur W_2 au sommet duquel est fixée une soupape C.

Lorsque le circuit est établi et que la bobine de l'électroaimant est parcourue par le courant de la pile de machine F ; le plongeur W_2 et la soupape C se trouvent soulevés, ce qui bouche l'orifice de communication entre les sifflets D_1 et D_2 qui commande, comme on le voit, la mise en action du sifflet D_1 seulement pour le signal du ralentissement ou d'attention.

Au cas contraire, le plongeur W_2 retombant sur son siège entraîne avec lui la soupape C, ce qui ouvre l'orifice établissant ainsi la communication entre les sifflets D_1 et D_2. Si le blocage automatique a lieu en ce moment, ces deux sifflets entrent en action simultanément.

L'évacuation d'air par les sifflets est réglée de façon à obtenir un freinage relativement lent pour « l'attention » ou « ralentissement » et un freinage rapide pour l'arrêt absolu ou danger.

Les sifflets D_1 et D_2 sont de différentes tonalités pour établir des signaux acoustiques distincts au ralentissement « attention » et à l'arrêt absolu « danger ».

E. Bouton poussoir E_1 et commutateur magnétique de dégagement E_2 avec bouton poussoir de vigilance E_3. — Le bouton poussoir E_1 et le commutateur magnétique de dégagement E_2 permettent de débloquer les freins après un arrêt automatique ; ils sont placés dans la cabine du mécanicien et pourraient, si on le désirait, être disposés de telle façon que l'intervention du mécanicien et du

Digitized by Google

chauffeur soit nécessaire chaque fois qu'un dégagement est effectué en vue de franchir un signal d'arrêt absolu.

Ils sont munis de styles pour enregistrer leur opération sur la bande du chronotachymètre, cet enregistrement établit la responsabilité de l'opérateur.

En actionnant le poussoir E_1, l'opérateur établit des liaisons entre quatre contacts disposés par paires 34 et 37 de manière à fermer le circuit électrique qui y aboutit et qui alimente la bobine du relais à trois positions B, ce qui a pour effet de ramener les commutateurs 94, 95, 96, 97, 98, 99, dans la deuxième position, celle de droite établissant ainsi les circuits pour le ralentissement.

Cette opération terminée, en poussant sur le bouton du commutateur magnétique de dégagement E_2, on rétablit le courant par le contact 27 et le fil 21 à travers la bobine de l'électroaimant de la valve électropneumatique C. Comme il a été expliqué, cette action a pour effet d'annuler le freinage automatique relativement lent, ce qui permet la marche à vitesse normale.

Le bouton poussoir E_3 dit de vigilance n'a pour but que l'enregistrement de la vigilance du mécanicien: Ce bouton poussoir n'a aucune action sur les organes de l'appareil; le mécanicien doit agir sur ce bouton pour l'enregistrement des signaux avant leur passage.

Remarque : On peut faire en sorte que la preuve de vigilance, la manœuvre du commutateur magnétique et celle du bouton poussoir simple soient enregistrées par un seul et même style donnant des tracés différents pour chacune des trois opérations.

F. Pile de machines et signaux optiques R, J, V. — La pile de machine, composé de huit éléments, est disposée sur le tender ou sur la machine dans une boîte placée à côté de la boîte du relais B.

Elle sert à alimenter la bobine de l'électroaimant des valves C et M, la bobine du relais à trois positions B et à allumer les lampes R, J, V, qui constituent les signaux optiques.

Fonctionnement

Dans l'explication qui suit, on envisagera les différents cas qui peuvent se présenter au cours d'un trajet effectué par une machine munie de l'appareil.

I. **Marche normale.** — Pendant la marche normale, le frotteur A est dans la position inférieure. Le courant de la pile de machine F, qui parcourt le circuit 1 (pôle positif de la pile F), 2, 94, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 95, 11, 13 (pôle négatif de la pile F), traverse la bobine du relais B dans le sens 6 vers 7 ; les six commutateurs 94, 95, 96, 97, 98, 99, sont alors mis dans la première position.

La pile de machine F envoie également du courant dans le circuit 1, M, 96, 19, 20, 21, 22, 13 et alimente ainsi la bobine de l'électroaimant de la valve C, en sorte que la soupape double s_1, s_2 et le piston différentiel du servomoteur P_1, P_2, s_3, s_4 se trouvent soulevés, ce qui empêche toute action automatique sur les freins qui restent ainsi sous le contrôle du mécanicien.

II. **Passage de la machine au droit d'une rampe correspondant à un signal « voie libre ».** — Le signal (annonciateur ou d'arrêt absolu) étant à « voie libre », la rampe correspondante est reliée au pôle positif de la pile de voie. Le frotteur A, venant en contact avec elle, est progressivement soulevé et passe sans discontinuité par les trois positions successives que nous avons définies précédemment.

Dans la position inférieure, les conditions de marche normale indiquées ci-dessus subsistent.

Dans la position intermédiaire, la bobine du relais B se trouve alimentée : 1° par la pile de machine F, comme pendant la marche normale ; 2° par la pile de voie P, à travers le circuit 40, 52, 53, 41, 42, 43, 16 (sabot), 14, 5, 6, 7, 8, 15, 19 (masse du tender) 46, 47, 48, 55, 54, 49, de telle sorte qu'il y a simplement, dans la bobine, addition des deux courants. Les conditions de marche normale ne sont donc pas modifiées.

Lorsque le frotteur passe dans la position supérieure, le circuit d'alimentation de la bobine du relais B par la pile de machine se trouve coupé, par suite de l'isolement des mâchoires 4 et 9 ; il ne subsiste plus alors que l'alimentation par la pile de voie qui donne un courant de même sens que celui fourni par la pile de machine pendant la marche normale.

Au cours du soulèvement du frotteur, il y a donc eu seulement substitution de la pile de voie à la pile de la machine pour l'alimentation du relais B, substitution faite sans discontinuité et sans que le sens du courant dans la bobine ait changé. Les commutateurs 94, 95, 96, 97, 98, 99 de ce relais restent donc dans la première position qu'ils occupaient pendant la marche normale et le courant se trouve maintenu dans la bobine de l'électroaimant de la valve C.

La machine continuant sa marche, le frotteur, après être resté un certain temps dans sa position supérieure, redescend ; les opérations inverses de celles qui ont eu lieu pendant son soulèvement s'effectuent : il y a simplement substitution de la pile de machine à la pile de voie pour l'alimentation de la bobine du relais B.

Au passage du frotteur sur la rampe correspondant à un signal « voie libre », le mécanicien est aussitôt averti de l'indication reçue, par une répétition acoustique et optique. Le courant qui actionne la sonnerie 42 représentée sur le schéma parcourt le circuit suivant : (pôle positif de la pile de voie P) 40, 52, 53, 41, 42, 43, 16 (sabot), 14, 5, 6, commutateur, 39, 99, 40, 41, 42, pour revenir par la masse du tender et les rails de roulement au pôle négatif de la pile de voie P.

Nous parlerons au paragraphe VII de la répétition optique.

Cette double répétition constitue : 1° une preuve du bon état de fonctionnement de l'appareil de machine et de l'appareil de voie du signal rencontré, car, ainsi qu'on le verra, d'autres indications données par répéti-

Digitized by Google

tion acoustique et optique avertiront le mécanicien si les appareils étaient dans l'état contraire ; 2° un jalonnement qui permet au mécanicien de se situer plus facilement sur la voie, alors qu'il n'aurait pas aperçu un signal ouvert comme cela arrive souvent, pendant la mauvaise saison, par suite de brouillard, de pluie ou de neige.

Par conséquent, elle dispense de l'emploi onéreux de pétards et autres moyens supplémentaires d'avertissement en cas de mauvais temps.

III. **Passage de la machine au droit d'une rampe correspondant à un signal « attention ».** — Lorsque le signal annonciateur est à l' « attention », sa rampe est reliée au pôle négatif de la pile de voie.

Tant que le frotteur A reste dans la position inférieure, les conditions de marche normale subsistent.

Lorsqu'il passe dans la position intermédiaire, la bobine du relais B se trouve alimentée à la fois par la pile de machine F et par la pile de voie P. Le courant fourni par la première parcourt le circuit 1, 2, 94, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 95, 11, 13 et traverse la bobine dans le sens 6 vers 7, tandis que le courant fourni par la seconde parcourt le circuit 40, 52, 53, 41, 50, 46, 19, (masse du tender), 15, 8, 7, 6, 5, 14, 16 (sabot), 43, 51, 48, 55, 54, 49 et traverse la bobine dans le sens 7 vers 6, opposé au précédent.

Dans ces conditions, le courant de la bobine s'annule sensiblement, et les six commutateurs 94, 95, 96, 97, 98, 99, viennent occuper la troisième position.

Mais la machine continuant sa marche, le frotteur passe dans la position supérieure. A ce moment, le courant traversant la bobine du relais B n'est plus fourni que par la pile de voie, et est de sens inverse de celui donné par la pile de machine pendant la marche normale. Les six commutateurs 94, 95, 96, 97, 98, 99, viennent alors se placer dans la deuxième position, de manière à mettre en liaison 94 et 18, 95 et 17, 96 et 23, etc.

Au moment où ces commutateurs sont passés dans la troisième position, l'alimentation de la bobine de l'électroaimant de la valve C a été interrompue par suite de la rupture de la liaison 96-19. Mais cette suppression de courant, qui correspond à la position intermédiaire du frotteur, n'a pas une durée suffisante pour provoquer le fonctionnement du servomoteur.

Dès que les commutateurs 94, 95, 96, 97, 98, 99 sont mis dans la deuxième position, l'alimentation de la bobine de l'électroaimant de la valve C est coupée produisant un freinage relativement lent, car, à ce moment, la bobine de l'électroaimant de la valve M qui règle les sifflets D_1, D_2 est alors alimentée par le circuit suivant : pôle positif de la pile de machine F, 1, M, 96, 23, 30, 31, 22, 13 ; le courant traverse donc la bobine de l'électroaimant, ce qui soulève le plongeur W_2 et produit la fermeture de la soupape C empêchant la communication d'air comprimé entre les sifflets D_1 et D_2, par ce fait le sifflet D_1 indiquant l' « attention » se fait entendre seul jusqu'à l'intervention du mécanicien.

Comme il a déjà été dit, l'échappement d'air par le sifflet D_1 étant réglé convenablement, un freinage relativement lent s'ensuit.

Ce freinage peut être immédiatement annulé par le mécanicien et pour cela il n'aura qu'à presser le bouton du commutateur magnétique de dégagement E_2 ; cette action rétablira le courant à travers la bobine de l'électroaimant C par le circuit suivant : (pôle positif de la pile de machine F), 1, M, 96, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 22 et 13, ce qui établit aussi le circuit 21, 22, 13.

De cette manière l'appareil assurera la répétition acoustique de tous les signaux même en cas de chevauchement. La répétition optique étant toujours assurée.

La manipulation du commutateur magnétique est enregistrée sur la bande du chronotachymètre. Cet enregistrement engage la responsabilité du mécanicien qui a ainsi annulé l'action de l'appareil.

On voit donc que le passage de la machine au droit d'une rampe correspondant à un signal « attention » commande doublement l'attention du mécanicien. Il est averti qu'il doit ralentir par les signaux acoustiques et aussi les signaux optiques dont nous parlerons plus loin ; mais, afin que de ce fait son attention n'arrive à s'émousser, on l'oblige avant d'atteindre la rampe à l' « attention » à faire la preuve de sa vigilance en appuyant sur le bouton spécial E_3, manœuvre qui est enregistrée sur la bande du chronotachymètre.

IV. **Passage de la machine au droit d'une rampe correspondant à un signal « voie libre », après un premier passage au droit d'une rampe correspondant à un signal « attention ».** — Lorsque le frotteur est soulevé à son passage sur la rampe, il y a, comme on l'a vu précédemment, substitution de la pile de voie à la pile de machine pour l'alimentation de la bobine du relais B. Mais, dans ce cas, le courant fourni par la première parcourt le circuit 70 (pôle positif de la pile de voie P'), 82, 83, 71, 72, 73, 16 (sabot), 14, 5, 6, 7, 8, 15, 19 (masse du tender), 76, 77, 78, 85, 84, 79 (pôle négatif de la pile de voie P'), et traverse cette bobine dans le sens 6 vers 7, tandis que le courant fourni par la seconde était dirigé de 7 vers 6.

Les commutateurs 94, 95, 96, 97, etc.. du relais se trouvent donc ramenés de la deuxième position à la première, en passant par la troisième position.

Lorsque le frotteur redescend, puis quitte la rampe, l'alimentation de la bobine du relais par la pile de machine se trouve rétabli, le courant parcourant le circuit 1, 2, 94, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 95, 11, 13, et traversant la bobine dans le sens 6 vers 7. Les six commutateurs 94, 95, 96, 97, 98, 99, sont donc maintenus dans leur nouvelle position (première position).

Dans ces conditions, l'alimentation de la bobine de l'électroaimant de la valve C, qui a été coupée par suite de la rupture du contact spécial 25 pendant le soulèvement du sabot, est réalisée par la pile 1, M, 96, 19, 20, 21, 22, 13 et les conditions de marche normale se trouvent rétablies.

Si, au lieu de rencontrer un signal « voie libre », la

Digitized by Google

machine rencontre un signal « arrêt absolu », les faits suivants se produisent :

V. **Passage de la machine au droit d'une rampe correspondant à un signal « arrêt absolu ».** — Lorsque le signal indique l' « arrêt absolu », toute liaison entre la pile de voie, d'une part, la rampe et les rails de roulement, d'autre part, est interrompue.

Le frotteur, à son passage sur la rampe, se trouve soulevé. L'alimentation de la bobine du relais B par la pile de machine est coupée par suite de l'isolement des mâchoires 4 et 9, tandis qu'aucun courant n'est fourni par la pile de voie. Les commutateurs 94, 95, 96, 97, etc., viennent alors dans la troisième position.

La machine dépassant la rampe, le frotteur retombe rétablissant la liaison entre les mâchoires 4 et 5, 9 et 8 ; mais l'alimentation de la bobine du relais par la pile de machine n'est cependant pas possible par suite de la position prise par les commutateurs.

Les commutateurs 94, 95, 96, 97, etc., mis dans la troisième position dès le soulèvement du frotteur, restent donc dans cette position lorsque celui-ci redescend, puis quitte la rampe.

Dans ces conditions, l'alimentation de la bobine de l'électroaimant] de la valve C par la pile de machine, qui se faisait, soit pas le circuit 1, M, 96, 19, 20, 21, 22, et 13, dans le cas de marche normale, soit par le circuit 1, M, 96, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 22, 13, établi après passage devant un signal « attention », se trouve coupé. Il y a, en conséquence, répétition acoustique et optique des signaux d'alarme et blocage des freins.

Pour l' « arrêt absolu » la répétition acoustique est faite par les deux sifflets D_1 et D_2 qui sont actionnés simultanément donnant le signal d'alarme, car le courant traversant la bobine de l'électroaimant de la valve M étant coupé le plongeur W_2 retombe donc sur son siège, entraînant avec lui la valve C, ce qui établit la communication entre les sifflets D_1 et D_2 par lesquels s'échappe l'air comprimé de la conduite générale du frein. L'échappement d'air par ces deux sifflets est réglé de façon à ne pas produire un freinage par trop brusque.

En outre, au cas de fermeture d'un signal d'arrêt absolu la répétition acoustique et optique indiquant le danger et le blocage automatique des freins, par fonctionnement de la valve électropneumatique, peuvent encore se produire :

1° Au passage du train au droit d'un rampe, et indépendamment de la nature du signal et de ses indications, dans les cas suivants :

a) Occupation de la section de voie comprise entre le signal considéré et le signal suivant, par un obstacle reliant les deux rails de roulement, provoquant ainsi l'ouverture de l'interrupteur double I.

b) Occupation de la voie sur une des branches convergentes ou cisaillantes d'un embranchement.

c) Position défectueuse d'une aiguille, ou susceptible d'entraîner son avarie au passage d'un train.

Dans ces deux derniers cas (*b* et *c*), il suffira d'établir des liaisons convenables entre les rails de roulement intéressés, des piles L et des relais K correspondant à des rampes disposées en amont et à des distances suffisantes pour permettre l'arrêt du train avant le point à protéger.

d) Enlèvement ou rupture d'un rail de la section de voie située en aval et à partir du signal considéré, ceci entraînant l'interruption du courant dans la bobine du relais K et l'ouverture de l'interrupteur double I.

e) Un raté quelconque ou un dérangement de l'appareil de voie, entraînant la suppression du courant fourni à la rampe par la pile de voie.

2° Indépendamment du passage d'un train au droit d'une rampe :

En cas de raté, ou de dérangement quelconque d'un des organes ou des connexions électriques de l'appareil de machine.

VI. **Démarrage après arrêt automatique.** — On a vu que, après un arrêt automatique, les deux circuits possibles d'alimentation de la bobine du relais B par la pile de machine sont coupés par les commutateurs 94 et 95. Pour que le déblocage des freins puisse s'effectuer : il faut que le mécanicien appuie sur les boutons poussoirs, comme il est réalisé sur le schéma ci-joint. En actionnant le bouton poussoir E_1 le mécanicien met le contact 34 en liaison avec 33 et 37 avec 38. La bobine du relais B se trouve alors alimentée par la pile de machine F, dans le sens de 7 vers 6 à travers le circuit auxiliaire I, M, 32, 97, 33, 34, 35, résistance, bobine de relais B, 36, 37, 38, 13 et les commutateurs 94, 95, 96, 97, etc..., qui étaient dans la troisième position sont amenés dans la deuxième position.

Le mécanicien appuyant ensuite sur le bouton poussoir E_2 établit le circuit suivant qui enverra du courant pour l'alimentation de la bobine de la valve électropneumatique C (pôle positif de la batterie de machine F), 1, M, 96, 23, 24, contact spécial 25 (frotteur) 26, 27, 28, 29, 22, 13, pôle négatif de la pile de machine.

Les conditions de marche ainsi réalisées permettent la reprise de la marche normale.

Les manœuvres des boutons poussoirs sont enregistrées sur la bande du chronotachymètre soit par transmission mécanique, comme il est indiqué sur le schéma ci-joint, soit par transmission électrique par l'intermédiaire d'électroaimants, si cette disposition est jugée plus facilement réalisable.

L'action des boutons poussoirs pourrait être réglée, si on le désirait, de façon que leur fonctionnement nécessitât l'intervention du chauffeur et du mécanicien chaque fois qu'un déblocage serait effectué pour franchir le signal d'arrêt. L'enregistrement de chaque action établira la double responsabilité.

Si la machine venait à s'arrêter avec son frotteur sur la rampe, le contact 25 se trouverait ouvert, ce qui empêcherait de rétablir le courant dans la valve électropneumatique C.

Dans ce cas, le desserrage des freins peut cependant être effectué par la manœuvre simultanée des boutons

Digitized by Google

poussoirs E_1 et E_2 qui établit le circuit suivant (pôle positif de la pile de machine F), 1, M, contact de relais 32, 97, 33, 34, 49, contacts 27 et 28, bobine du commutateur magnétique de desserrage, 29, 22, 13, ce qui établit également l'alimentation de la bobine de l'électroaimant de la valve C par le circuit 27, 21, 22, 13.

On remarquera que :

1° Le circuit auxiliaire 1, M, 32, 97, 33, 34, 35, résistance, bobine de relais B, 36, 37, 38, 13, n'est fermé que lorsque le bouton E_1 est poussé, et si les commutateurs du relais B n'occupent pas la première position qui correspond à la marche normale. Le commutateur 97 est, en effet, spécialement disposé de manière à établir la liaison entre 97 et 32 dès que les commutateurs quittent cette position et à la maintenir tant qu'ils n'y sont pas ramenés. Ce dispositif empêche qu'une pression accidentelle sur le bouton E_1 ne vienne modifier de façon intempestive les conditions de fonctionnement réalisées pendant la marche normale.

2° Si l'on vient à actionner intempestivement le bouton poussoir E_2 alors que le relais se trouve dans la première position « voie libre », il y aura la mise en action des freins qui se desserreront aussitôt qu'on cessera d'agir sur le bouton.

VII. **Signaux optiques.** — Les signaux optiques sont constitués par trois lampes électriques de couleurs différentes annonçant respectivement : « voie libre », ralentissement « attention » et voie fermée « danger ». Ces lampes sont allumées par le courant de la pile de machine passant par les circuits ci-après.

Pour le signal de « voie libre », 1, M, 96, 19, 43. La lampe V « vert », 44, 13.

Pour le signal de ralentissement ou d'attention 1, M, 96, 23, 45, la lampe J « jaune », 44, 13.

Pour le signal d'arrêt absolu ou danger 1, M, 46, 98, 47, 48, la lampe R « rouge », 44, 13.

Nota. — Lorsque le relais B est à la première ou à la deuxième position, c'est-à-dire, établissant respectivement les circuits de « voie libre » ou de ralentissement attention, les contacts 46 et 47 sont ouverts. Ils ne sont fermés que lorsqu'il y a indication de « danger », c'est-à-dire lorsque la bobine du relais B n'est parcouru par aucun courant.

Comme on le voit, les positions des commutateurs 96 et 98 règlent l'allumage des lampes qui, par ce fait, est permanent.

VIII. **Répétition acoustique et optique pour les signaux à voie libre.** — Il est entendu que la répétition acoustique et optique pour la répétition du signal à voie libre pourrait être supprimée ou rendue facultative, exemple : cas de brouillard, etc., si les réseaux le désiraient.

IX. **Remarques.** — Comme il a été dit précédemment, le montage de l'appareil de voie figuré sur le schéma ci-joint, est celui qui a été suivi en France pour l'essai de présentation de « l'appareil Regan » effectué le 28 janvier 1921.

Evidemment, la Compagnie Regan ne se borne pas à une installation de ce genre qui n'a été réalisée que dans un but de simplification.

L'appareil, conçu sur le principe d'un système à trois positions, s'adapte à n'importe quelle signalisation. A n'importe quel signal, il donne les indications « voie libre », « ralentissement », « arrêt » quand ces indications existent, il assure un contrôle en accord avec la pratique établie.

Il s'adapte au bloc automatique, au bloc semi-automatique; il convient aussi aux signaux actionnés à la main ou actionnés à distance par transmission.

Il peut être appliqué aux lignes électrifiées comme il s'applique aux lignes exploitées à la vapeur. Il s'adapte aux lignes à voie unique, et aux lignes à voies doubles.

Il est, comme on le voit, suffisamment élastique pour qu'on puisse le conformer à n'importe quelle condition d'exploitation.

Lorsque le signal annonciateur n'existe pas, par une installation simple, il est facile de transmettre, par les signaux d'abri, les indications de ralentissement, lorsqu'on s'approche du signal « arrêt absolu », dans sa position de fermeture, ce qui indique le danger.

Quant au fonctionnement, l'appareil donne la garantie la plus grande ; en effet, un raté quelconque, un dérangement de l'appareil ou bien même la position incertaine d'un signal donneront une indication de « danger » dans la cabine du mécanicien.

J. G. L. Pivetbau,
R. S.-R. S. D. (Regnan safety devices).

Revues, analyses et informations

Observations sur la cuisson de produits céramiques dans des fours chauffés électriquement (1).

Le service de contrôle des montres fusibles, établi à la manufacture nationale de Sèvres pendant la guerre, nécessitant des appareils de chauffage aisément réglables, M. Granger fut amené à substituer progressivement aux fours existants, des fours chauffés électriquement. L'échelle des températures à parcourir dans le contrôle des montres fusibles commence à 600° et s'étend au-delà de la fusion du platine.

Les fours à résistance métallique ne permettent pas de réaliser des températures très élevées, aussi l'auteur n'a-t-il pu qu'étudier la faïence fine, le grès et la porcelaine nouvelle, avec ce genre d'appareils.

Comme, dans ces fours, il n'y a presque pas de mouvement de gaz, les produits ne montrent pas tout à fait le même aspect que ceux qui sortent des fours habituels ; ils ne se

(1) Albert Granger. *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 10 juillet 1922, t. CLXXV, p. 98-100, 1 000 mots.

Digitized by Google

prêtent donc bien qu'à des essais de laboratoire concernant les pâtes, glacures et émaux. Pour cuire de la porcelaine dure dont le point de cuisson est de 1000° C plus élevé que celui de la porcelaine nouvelle, l'auteur a eu recours à un four à charbon granulé. Ce four est disposé horizontalement, comme celui à résistances, mais il est plus étroit et plus long. Le tube chauffant est en corindon aggloméré avec une argile réfractaire. M. Granger a obtenu de bons résultats avec le corindon provenant de la fabrication aluminothermique du chrome, convenablement débarrassé des impuretés qu'il retient par lavage et traitement par les acides sulfurique et chlorhydrique. Les produits obtenus par cuisson dans ce four étaient gris et présentaient l'aspect des porcelaines du commerce qui ont été cuites dans une atmosphère trop réductrice. Dans l'industrie, on explique ordinairement cet accident comme dû à une occlusion de charbon très divisé provenant de la flamme chargée de carbone. Il ne peut en être de même dans le cas présent puisqu'il n'y a pas de flamme dans le four. D'après les essais, cette teinte serait dû à de l'oxyde de carbone qui traverserait la paroi et viendrait à brûler toutes les fois qu'on ouvre le tube. Il a été facile de remédier à cet inconvénient en établissant un tirage modéré à travers le four. — M.-H. B.

La rigidité diélectrique de l'huile (1).

On sait que la rigidité diélectrique de l'air dépend essentiellement de la pression à laquelle cet air est soumis : l'auteur a entrepris cette étude afin de constater si l'huile, dont l'emploi comme isolant se généralise de plus en plus, présente le même phénomène. Les essais ont été exécutés à l'aide d'un tube de porcelaine portant deux électrodes placées à des distances réglables à volonté, et pouvant être immergé dans l'huile à des profondeurs différentes // La figure 1, qui met en évidence les résultats obtenus, montre bien l'influence de la pression ; l'auteur recommande de placer les électrodes de telle manière que la hauteur d'huile au-dessus d'elles soit égale à la distance qui les sépare. La température de l'huile a également une influence marquée sur la rigidité : la figure 2 le fait voir clairement ; cet effet est dû, pour la plus grande partie, à la disparition d'une partie de l'humidité de l'huile. L'auteur examine ensuite l'influence des caractéristiques électriques du circuit d'essai ; il trouve ainsi que les résultats dépendent beaucoup de la fréquence vraie de la tension appliquée aux électrodes, la rigidité paraissant augmenter beaucoup aux fréquences élevées, par exemple à 200 000 p : s. Il attribue cet effet à ce que les impuretés de l'huile n'ont pas le temps d'intervenir. Cepen-

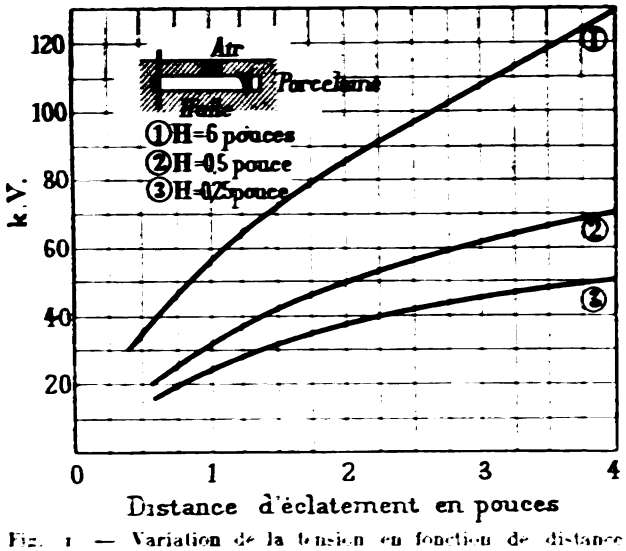


Fig. 1. — Variation de la tension en fonction de distance explosive pour différentes profondeurs d'huile //.

(1) W.-S. Flight. *B. E. A. M. A.*, mars 1922, t. x, p. 217-223, 2 000 mots, 10 fig., 5 tab.

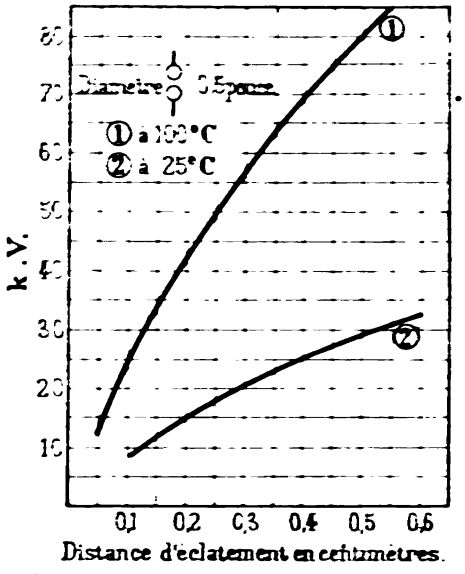


Fig. 2. — Variation de la tension en fonction de la distance explosive, dans l'huile à 25° et à 100°C.

dant, si l'essai est de durée assez grande, les résultats peuvent être inversés. L'auteur examine ensuite les isolants solides placés dans l'huile ; la figure 3 indique les résultats essentiels de cette nouvelle série d'essais.

On voit que le nombre des facteurs intervenant dans cette étude est assez considérable. Il est à noter, de plus, que les

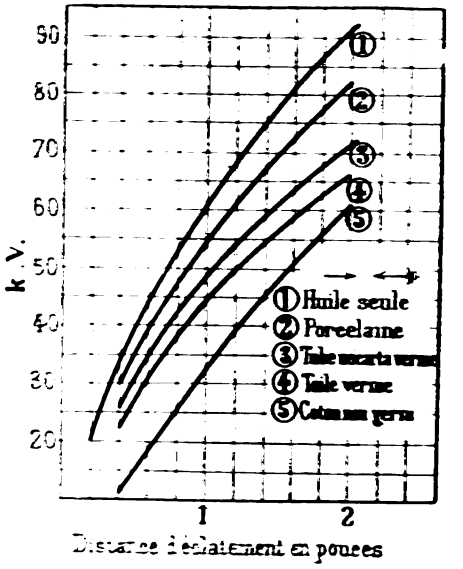


Fig. 3 — Variation de la tension en fonction de la distance explosive, dans l'huile et pour différentes matières immergées.

huiles ne présentent presque jamais la même constitution. Aussi est-il à peu près impossible de formuler, comme pour l'air, des conclusions précises. En fait, chaque cas doit faire l'objet d'une étude particulière. — E. B.

Digitized by Google

SECTION ÉCONOMIQUE & FINANCIÈRE

Assemblées générales

Compagnie Electromécanique.

ASSEMBLÉE GÉNÉRALE DU 6 JUIN 1922.

Ainsi que le Conseil le faisait prévoir lors de la dernière assemblée générale, l'exercice écoulé a été caractérisé par un ralentissement marqué dans l'importance des commandes.

En outre, il s'est produit sur les matières premières nécessaires aux fabrications de la compagnie, matières que les difficultés d'approvisionnement de 1920 l'avaient obligée à mettre en stock, une baisse considérable qui a amené le Conseil à pratiquer de fortes dépréciations sur les marchandises en magasin et à en ramener le montant à la valeur réelle au cours du 31 décembre 1921.

Le programme d'agrandissement que la compagnie s'était fixé lors de la fusion avec la Société Westinghouse est, à l'heure actuelle, complètement réalisé et ce dans les limites financières qu'elle s'était tracées.

L'activité des usines a continué à se porter sur les différentes branches de leurs fabrications et elles ont été, dans l'ensemble, occupées d'une façon à peu près normale.

Les commandes ont porté principalement sur des groupes électrogènes avec turbines à vapeur et sur du matériel électrique courant

Comme particulièrement intéressante, il faut signaler l'application des appareils à l'exploitation minière. En plus des treuils commandés l'année dernière, elle a obtenu de diverses mines la commande de 11 machines d'extraction de grande puissance.

Il faut mentionner également deux alternateurs d'une puissance unitaire de 15 000 ch sous 16 500 v, destinés à la Société d'Electricité de la Haute-Isère.

La Compagnie des Chemins de fer du Midi a passé d'importantes commandes pour les installations fixes destinées à l'électrification de son réseau. Ces commandes portent sur des transformateurs statiques, des commutatrices, des redresseurs à vapeur de mercure, des compensateurs synchrones et sur de l'appareillage, le tout pour une puissance totale d'environ 250000 kw.

Les applications du système d'éclairage de la compagnie des voitures de chemin de fer se développent. C'est ainsi qu'elle a reçu une commande d'environ 3000 équipements d'éclairage électrique des trains pour les Compagnies de Paris-Orléans, du Nord, et d'Alsace et de Lorraine.

Les applications de redresseurs à vapeur de mercure vont en se généralisant et l'on peut espérer un développement ultérieur satisfaisant de cette branche.

La situation générale a également affecté le département des turbines appliquées à la marine. Seul, un des licenciés de la compagnie a enregistré la commande d'un navire pétrolier à turbo-moteur « Parsons ». Celle-ci espère voir changer cette situation au cours de cet exercice, puisque le Parlement vient de voter le programme naval depuis si longtemps attendu.

En fait, pendant l'exercice écoulé, les résultats obtenus par la compagnie ne se sont pas ressentis d'une façon sensible de la crise aiguë que traverse l'industrie du monde entier. Il n'est toutefois pas possible de prévoir la fin de cette période difficile puisque ces derniers temps la diminution des commandes et l'abaissement des prix de vente se sont encore accentués.

Les recettes ont atteint 12 028 731,90 fr auxquels s'ajoutent le solde de 1920, 128 954,80 fr.

Les dépenses, intérêts, amortissements s'élèvent à 6675631,33 fr.

Le solde disponible ressort à 5 482 055,37 fr.

Ce solde se répartit : 263 157,90 fr à la réserve légale, un premier dividende de 5 pour 100, un deuxième dividende de 3 pour 100, et 10 pour 100 au Conseil.

Le report à nouveau sur le prochain exercice est de 2188 97,47 fr.

Le dividende de 40 fr est payable sous déduction des impôts, soit : 36 fr pour les actions nominatives et 32,34 fr pour les actions au porteur, contre remise du coupon n° 16, à partir du 30 juin 1922.

BILAN AU 31 DÉCEMBRE 1922.

Actif.

	fr
Actif liquide	16 288 205,40
Bons de la Défense nationale, titres en portefeuille	10 420 639,45
Débiteurs divers	64 499 356,55
Marchandises en magasin	34 949 843,70
Dépenses sur affaires en cours	41 090 726,10
Brevets d'invention	1 »
Terrains	6 830 713,60
Immeubles	17 534 000 »
Machines-outils	9 705 000 »
Outillage	1 »
Mobilier	1 »
Modèles	1 »
Frais d'émission d'actions	»
	201 318 488,80

Passif.

	fr
Capital social	60 000 000 »
Compte obligations	44 901 000 »
Coupons restant à payer	187 981,83
Créditeurs divers	88 396 783 »
Réserve légale	660 668,60
Réserve spéciale	1 750 000 »
Solde disponible	5 482 055,37
	201 318 488,80

Digitized by Google

Société générale de Forces motrices et d'Eclairage de la ville de Grenoble.

ASSEMBLÉE GÉNÉRALE ORDINAIRE DU 29 MAI 1922.

Durant l'exercice, la société a eu à souffrir de la sécheresse anormale qui a sévi avec acuité pendant tout le second semestre. Elle a dû suppléer à l'insuffisance de la Roizonne par des achats de courant.

Dans le bilan, le compte de ligne de transmission d'énergie est en augmentation de 87 307,10 fr provenant de l'achat d'un transformateur et d'une indemnité payée à la ville de La Mure pour le rétablissement d'une conduite d'eau.

Sur le compte réserve spéciale, le Conseil a prélevé une somme de 33000 fr affectée au remplacement du circuit magnétique d'un transformateur.

Les recettes ont atteint 830 791,94 fr en augmentation de 255 07,71 fr en 1920. Par contre, les frais généraux se sont élevés à 746 751,66 fr en augmentation de 161 856,75 fr.

Le bénéfice est égal à 84 040,28 fr auquel s'ajoute le report de l'exercice 1920, 5 489,58 fr. Cette somme étant insuffisante pour servir l'intérêt de 6 pour 100 aux actions privilégiées, il n'est pas distribué de dividende.

Sur le solde 89 529,86 fr, il est prélevé 4 202,01 fr pour la réserve légale et 5000 fr pour la réserve spéciale.

Le report à nouveau est de 80 327,85 fr.

BILAN AU 31 DÉCEMBRE 1921.

Actif.

	fr
Entreprise d'éclairage de la ville de Grenoble...	723 165,99
En caisse...	161,40
En banque...	215 438,40
Abonnés et débiteurs divers...	153 635,69
Ville de Grenoble (somme avancée à la ville)...	1 794 689,06
Terrains et chutes...	307 241,40
Immeubles industriels...	300 148,60
Installations hydrauliques...	2 003 713,64
Usine de Pont-Haut...	471 951,23
Petit matériel et outillage...	6 033,16
Lignes de transmission d'énergie...	394 003,79
Mobilier...	2 353,35
Marchandises en magasin...	505,30
Impôts sur actions...	23 621,28
Portefeuille...	1 000 »
Frais de constitution...	277 619,33
Frais de premier établissement...	719 439,18
Amortissements...	503 653,74
Frais d'émission...	278 927,60
Prime de remboursement des obligations...	187 650 »
Frais de transformation...	454 853,77
Réfection de la ligne de Livet...	100 258,19
Fournisseurs...	66 000 »
	7 978 755,62

Passif.

	fr
Capital-actions :	
Actions de priorité...	2 100 000 »
Actions ordinaires...	1 375 000 »
Obligations :	
Capital initial...	5 300 000 »
Amortissements...	1 547 000 »
Créanciers...	255 905,34
Coupons à payer...	134 320,91
Obligations à rembourser...	74 025 »
Réserve légale...	116 487,06
Réserve spéciale...	80 487,45
Profits et pertes :	
Reliquat de l'exercice 1920...	5 489,58
Bénéfices de l'exercice 1921...	84 040,28
	7 978 755,62

Société anonyme de la Manufacture de Machines auxiliaires pour l'Electricité et l'Industrie.

ASSEMBLÉE GÉNÉRALE DU 11 MAI 1922.

Le chiffre d'affaires de la société a été inférieur à la capacité de production de l'usine de Levallois; celle-ci a subi un ralentissement très marqué de son activité entre mai et septembre, ce ralentissement étant dû uniquement à la crise économique particulièrement vive à ce moment dans la construction mécanique.

Le bilan se solde par une perte de 50938,55 fr.

Cette perte provient uniquement de la moins-value des approvisionnements.

Si l'on considère les diagrammes des prix des matières premières depuis 1914, on constate que les sociétés qui existaient à cette époque ont, au cours des années 1918, 1919 et 1920, vendu 100 fr ce qu'elles avaient payé 20 à 30 fr; elles ont ainsi réalisé des superbénéfices ou constitué, au moyen de leurs approvisionnements, des réserves, apparentes ou occultes, qui leur permettent de compenser les déficits provenant du mouvement inverse des prix : cette opération de réversibilité ne joue pas pour la société et elle ne possède ni réserve, ni tiroirs secrets, où trouver la contrepartie de la dévalorisation de ses approvisionnements; ce qu'elle a acheté 100 fr fin 1920, a été évalué 40 fr dans l'inventaire à fin 1921.

De plus, un bon tiers du chiffre d'affaires n'a rapporté aucun bénéfice : la société a dû accepter ce genre de commandes, afin d'éviter de fermer son usine pendant la période critique de mai à septembre.

BILAN DE L'EXERCICE 1921.

Actif.

	fr
Caisse administration...	463,55
Caisse usine...	6 933,53
Société de Crédit industriel...	3 391,86
Actionnaires débiteurs...	3 500 »
Clients débiteurs...	185 431,93
Fournisseurs débiteurs...	949 »
Loyer d'avance...	3 000 »
Matières premières, pièces usinées et machines finies...	205 472,84
Frais de constitution...	5 896,60
Agencement et installation atelier...	17 810,05
Machines outils et outillage...	239 805,87
Mobilier...	1 612,60
Modèles, matrices, plans...	78 707,85
Cautionnements...	537,60
Profits et pertes...	50 398,55
	804 451,83

Passif.

	fr
Capital...	600 000 »
Banque Renauld...	83 130,90
Clients créditeurs...	30 116 »
Comptes courants...	30 071,23
Fournisseurs...	52 217 »
Frais dus...	705,85
Représentants...	7 694,50
Report de l'exercice 1920...	516,35
	804 451,83

Digitized by Google

SECTION DE LÉGISLATION

Législation, jurisprudence, règlementation

Loi instituant des allocations temporaires en faveur de certaines catégories de bénéficiaires de rentes au titre de la loi du 9 avril 1898 sur les accidents du travail.

Voici le texte de cette loi, en date du 15 juillet 1922 et publiée au « Journal officiel » du 16 juillet, p. 7462.

ART. PREMIER. — Les victimes d'un accident survenu avant l'application de la loi du 5 août 1920, ou leurs ayants droit, titulaires d'une rente ou ayant acquis des droits à une rente au titre des lois des 9 avril 1898, 22 mars 1902, 31 mars 1905 et 17 avril 1906 recevront, sur leur demande, à partir du 1er juillet 1921, jusqu'au 30 juin 1924, les allocations temporaires prévues aux articles ci-après.

ART. 2. — Pour les victimes elles-mêmes, si elles sont atteintes d'une incapacité de travail de 50 pour 100 au moins, ces allocations s'élèveront à :

30 fr par mois pour une invalidité de 50 à 59 pour 100;
40 fr par mois pour une invalidité de 60 à 69 pour 100;
50 fr par mois pour une invalidité de 70 à 79 pour 100;
60 fr par mois pour une invalidité de 80 pour 100 et plus.

Toutefois, lorsque, pour la fixation de la rente, il aura été fait application de l'article 2, paragraphe 2, de la loi du 9 avril 1898, le montant se rapportant à la partie du salaire dépassant 2 400 fr sera déduit de l'allocation.

ART. 3. — Les conjoints recevront une allocation égale au montant de leur rente s'ils justifient qu'ils sont ou infirmes ou atteints d'une maladie incurable ou âgés de plus de soixante ans.

Dans les deux premiers cas, la demande sera adressée au sous-préfet de l'arrondissement par l'intermédiaire du maire et soumise à la commission cantonale prévue par la loi du 14 juillet 1905, à laquelle il appartiendra de décider, sous réserve des appels et dans les conditions précisées par l'article 11 de ladite loi.

En cas de nouveau mariage, l'allocation cessera de plein droit.

ART. 4. — Les orphelins recevront une allocation égale au montant de leur rente. Dans le cas où plus de quatre enfants orphelins de père ou de mère seront bénéficiaires de la loi, une majoration spéciale supplémentaire de 180 fr, par an et par enfant, sera allouée à partir du cinquième. Lorsqu'il s'agira d'orphelins de père et de mère, cette majoration sera portée à 200 fr et attribuée dans les mêmes conditions à partir du quatrième.

ART. 5. — Le total des rentes, des allocations et des majorations prévues par la présente loi ne pourra pas dépasser le montant des pensions de simple soldat ou de veuve de simple soldat, attribuées par la loi du 31 mars 1919 aux catégories correspondantes d'ayants droit. En ce qui concerne les orphelins, ce total ne pourra pas dépasser 300 fr pour un orphelin de père ou de mère, 800 fr pour un orphelin de père et de mère, avec augmentation, dans ce cas, de 300 fr par orphelin en sus du premier.

Les étrangers ou leurs ayants droits qui ont cessé ou cesseront de résider sur le territoire français ne pourront bénéficier des dispositions de la présente loi.

ART. 6. — Les allocations et les majorations prévues par la présente loi, après qu'elles auront été liquidées par le ministre du Travail, seront acquittées directement par les débirentiers en même temps que les arrérages trimestriels du principal de la rente.

Ceux qui ne payeront pas ces allocations et majorations en même temps que la rente seront passibles, sans mise en demeure et de plein droit, à la requête du ministre du travail, d'une amende administrative recouvrée comme en matière d'enregistrement, égale au dixième des majorations avec un minimum de 5 fr par arrérage trimestriel non payé.

Les contestations sur le montant des allocations et des majorations seront jugées comme en matière de règlement du travail.

ART. 7. — Ces allocations et ces majorations seront remboursées aux débirentiers autres que l'Etat employeur par le fonds de garantie institué par l'article 24 de la loi du 9 avril 1898, en leur tenant compte des intérêts courus au taux légal dans les conditions qui seront spécifiées au décret prévu à l'article 8. Ces remboursements auront lieu au vu d'états dressés par le ministre du travail en ce qui concerne les débirentiers autres que la caisse nationale des retraites pour la vieillesse.

Pour faire face à ces remboursements, il sera ajouté au principal de la contribution des patentes des chefs d'entreprises assujetties : 16 centimes additionnels pour les industriels visés par l'article 1er de la loi du 9 avril 1898, 8 centimes additionnels pour les industriels visés par l'article 1er de la loi du 12 avril 1906 et 1 fr 50 par hectare concédé pour les mines.

En ce qui concerne les chefs d'entreprises non soumis à la patente, il sera perçu dans les conditions de l'article 5 de la loi du 12 avril 1906 une taxe de 5 pour 100 sur les primes d'assurance pour ceux qui sont assurés et une taxe de 10 pour 100 sur les capitaux constitutifs de rentes mises à la charge de ceux qui ne sont pas assurés.

Ces centimes et taxes seront modifiés chaque année dans les conditions prévues par la loi du 29 mai 1909.

ART. 8. — Provisoirement et en attendant la réalisation des ressources susvisées, des avances sans intérêt seront faites par le Trésor avant le 1er janvier 1926.

Dans le mois qui suivra la promulgation de la loi, un décret rendu sur la proposition du ministre des Finances déterminera les conditions d'application de la présente loi.

Fait à Paris, le 15 juillet 1922.

Ajoutons que cette loi, adoptée par le Sénat à la fin de la dernière session parlementaire, a été l'objet, depuis près de deux ans, de nombreuses discussions à la Chambre des Députés et au Sénat. Le rapport fait par M. Touron, sénateur, au nom de la commission sénatoriale qui a examiné en dernier lieu la proposition de loi, donne quelques renseignements sur les motifs qui ont amené la présentation de cette loi et sur les charges nouvelles qu'elle crée pour les chefs d'entreprise. Voici le texte de ce rapport, déposé à la séance du Sénat du 27 juin 1922 et publié au « Journal officiel » du 16 juillet, pages 475 et 475 des « Documents parlementaires, Sénat ».

Messieurs, dans sa séance du 10 novembre 1921, le Sénat adoptait, avec modifications, une proposition de loi votée

Digitized by Google

par la Chambre des députés, instituant des allocations temporaires en faveur de certaines catégories de bénéficiaires de rentes au titre de la loi du 9 avril 1890 sur les accidents du travail.

Cette proposition (1) avait pour but d'augmenter temporairement les rentes accordées par la loi de 1898 et qui se trouvaient par suite de la cherté de la vie devenues insuffisantes pour ceux dont la capacité de travail se trouvait sensiblement diminuée. Bien que la proposition revînt sur des décisions de justice que les chefs d'entreprise étaient en droit de considérer comme définitives, votre commission vous avait proposé et le Sénat avait accepté, dans un sentiment d'humanité, d'accorder des allocations temporaires aux victimes d'accidents du travail dont le taux d'incapacité dépassait 60 pour 100. Ces allocations temporaires devaient être payées non par le budget de l'Etat, ce qui eût été logique, puisqu'il s'agissait en somme d'une dépense d'assistance, incombant à la collectivité, mais par des centimes additionnels au principal de la patente des chefs d'entreprise, destinés à alimenter le fonds de garantie prévu par la loi de 1898.

Le projet adopté par le Sénat prévoyait 12 centimes additionnels pour les industriels visés à l'article 1er de la loi du 9 avril 1898, 6 centimes additionnels pour les professions commerciales visées par l'article 1er de la loi du 12 avril 1905, et 1 fr par hectare concédé pour les mines. C'était un lourd sacrifice imposé au commerce et à l'industrie qui, dans la situation actuelle, auraient droit cependant à un peu plus de ménagements.

La Chambre des députés, saisie à nouveau de la proposition votée par le Sénat, mit près de quatre mois à l'examiner, et c'est seulement le 2 mars dernier qu'elle adopta un nouveau texte qui modifiait celui du Sénat sur deux points des plus importants.

Elle abaissait le taux d'invalidité de 60 pour 100 à 40 pour 100, revenant ainsi à sa première décision, et portait comme conséquence le chiffre des centimes additionnels au principal de la patente de 12 à 18.05 pour les industriels, de 6 à 9,25 pour les professions commerciales, et à 2 fr par hectare concédé pour les mines.

Nous tenons à indiquer ici que la commission des finances de la Chambre avait émis un avis favorable à l'adoption pure et simple du texte du Sénat.

Votre commission des accidents du travail a examiné, à son tour, la proposition revenue de la Chambre et qui n'avait, bien qu'en dise certain projet de résolution déposé devant l'autre Assemblée, rien de transactionnel, puisque celle-ci reprenait purement et simplement le taux d'invalidité de 40 pour 100 comme point de départ des allocations temporaires sans avoir fait au Sénat le moindre concession.

Nous ne reviendrons pas sur les arguments juridiques développés dans le premier rapport (voir Sénat, 1921, n° 333) et qui n'ont rien perdu de leur valeur. Nous avions adopté le principe d'une allocation temporaire, nous ne proposerons pas au Sénat de revenir sur cette décision ; mais encore faut-il que ces allocations ne soient accordées qu'à ceux qui sont véritablement dans l'incapacité de se livrer à une occupation, leur apportant par le jeu de l'élévation actuelle des salaires un supplément de ressources appréciable.

On ne saurait aller au delà lorsqu'il s'agit d'imposer injustement les chefs d'entreprise qui, à bon droit, se croyaient libérés par la décision de justice fixant la rente due aux victimes d'accidents.

Le taux de 60 pour 100 d'invalidité avait paru à votre commission et au Sénat, qui avait bien voulu la suivre, après le rejet de divers amendements, être celui qui répondait à ces deux préoccupations.

Aucun argument n'est venu contredire cette appréciation

Néanmoins, dans un véritable esprit de transaction, cette fois, et pour que les mutilés du travail dont le sort est intéressant, ne souffrent pas plus longtemps du désaccord qui existe entre les deux Assemblées, votre commission vous propose d'accepter pour point de départ du droit à l'allocation, le taux de 50 pour 100 d'invalidité. Ceci constitue une dépense supplémentaire de 3 millions de francs environ.

Comme conséquence, nous vous demandons :

1° De modifier le chiffre des centimes additionnels à la patente prévus à l'article 7 en les portant à 16 pour les industriels et à 8 pour les exploitations commerciales ;

2° D'élever à 1,50 fr par hectare la contribution réclamée aux mines ;

3° Enfin, de fixer la taxe à percevoir sur les primes d'assurance des chefs d'entreprise non patentés assurés à 5 pour 100, et celle portant sur les capitaux constitutifs de rentes versés par les non patentés non assurés à 10 pour 100.

La nouvelle charge annuelle imposée aux chefs d'entreprise sera, de ce fait, portée à 15 millions de francs. La commission a été unanime à penser qu'on ne saurait aller au delà.

(1) Voir les nos Sénat 604, année 1920, 333-593, année 1921, 156, année 1922, et 129-1019-1736-1798-3333-3771-3837-3919-3953, et in-8° nos 321-365 — 14e législ. — de la Chambre des députés.

Sur la communication des livres de comptabilité aux agents du fisc.

Le « Journal officiel » du 17 juin 1922 publie, page 1876 des « Débats parlementaires, Chambre des Députés », la question et la réponse suivantes.

13760. — M. Aussoleil, député, demande à M. le ministre des Finances si un commerçant assujetti à l'impôt sur le chiffre d'affaires, après avoir donné au fisc toutes justifications nécessaires concernant sa situation et quand cette déclaration a été reconnue sincère, est tenu de montrer, sur demande verbale du contrôleur qui le requiert, ses livres et factures, alors que ce contrôleur lui fait connaître que ces renseignements doivent servir à examiner la situation d'un tiers ; si, par exemple, il doit montrer le livre de factures de ses fournisseurs où le fisc pourra relever les divers achats que ce commerçant a effectués, les dates, les prix, le nom des clients qui lui ont fourni la marchandise. (Question du 26 mai 1922.)

Réponse. — L'article 66 de la loi 25 juin 1920 prescrit aux redevables de l'impôt sur le chiffre d'affaires de conserver durant trois ans le livre spécial dont la tenue leur est imposée par ce texte, ou la comptabilité en tenant lieu, ainsi que les pièces justificatives de leurs opérations, notamment les factures d'achat et l'article 67 de la même loi les oblige à fournir tant aux agents des contributions directes qu'à ceux des services financiers dont ils relèvent pour le payement de l'impôt sur le chiffre d'affaires toutes justifications nécessaires à la fixation du chiffre d'affaires et, par suite, à représenter les documents dont la conservation est prévue dans ce but par l'article 66. D'autre part, l'article 32 de la loi du 31 juillet 1920 permet à tous les agents du Trésor ayant au moins le grade de contrôleur ou d'inspecteur adjoint, de rechercher chez tous les commerçants faisant un chiffre d'affaires supérieur à 50 000 fr, dans les livres dont la tenue est prescrite par le titre II du Code de Commerce, ainsi que dans tous livres et documents annexés, pièces de recettes et de dépenses, les éléments nécessaires au contrôle des déclarations d'impôt et la recherche des omissions ou des fraudes Au nombre des documents ainsi visés figurent le livre de factures et les factures elles-mêmes et, par leur généralité, les textes précités autorisent, sans aucun doute, les agents compétents à rechercher les infractions commises en matière d'impôt sur le chiffre d'affaires tant par le commerçant astreint à la communication que par tout autre redevable.

Digitized by Google

REVUE GÉNÉRALE DE L'ÉLECTRICITÉ

Organe de l'Union des Syndicats de l'Électricité

réunissant

LA REVUE ÉLECTRIQUE 1904-1916 — LA LUMIÈRE ÉLECTRIQUE 1879-1916

DIRECTEUR : J. BLONDIN, Agrégé de l'Université.

6e ANNÉE. — TOME XII. — N° 7. — 19 AOÛT 1922.

Chronique. — Le centre radioélectrique de Sainte-Assise. — A propos de la vérification des connexions des compteurs à haute tension. — Bibliographies : Annuaire du Syndicat professionnel des Industries électriques pour 1922; Les électroaimants et les bobines d'induction, par H. DE GRAFFIGNY, p. 233-234.

Section scientifique et technique. — Compléments à la théorie des alternateurs à deux réactions, branchés sur un réseau à potentiel constant (*suite et fin*), par A. BLONDEL, p. 235. — Revues, analyses et informations : L'importance du coefficient de self-induction, p. 244. — Erratum, p 244

Section industrielle. — Du régime de fonctionnement électrique des lampes au tungstène à atmosphère gazeuse, par H. PÉCHEUX, p. 245. — Compteur O'K wattheuremètre à entretien réduit pour courant continu, par C-Ed. O'KEENAN, p 252. Revues, analyses et informations : Sur les lampes à trois électrodes, anode, cathode et grille intermédiaire, où le courant est transporté par des ions, et leurs applications, p. 259; La régulation des réseaux, p. 261; L'approvisionnement de la Suisse en énergie électrique et l'exportation de celle-ci, p. 262.

Section de législation. — Législation, jurisprudence, réglementation : Circulaire du ministre des Travaux publics au sujet des coefficients de sécurité à exiger pour les installations aériennes traversant les voies ferrées, p. 263; Sur l'application des impôts sur les revenus aux sociétés en commandite, p. 263; Sur les conditions que doivent remplir les factures pour profiter du tarif réduit d'affranchissement, p. 264; Sur la non-application de la taxe sur le chiffre d'affaires aux intérêts des dépôts en Banque, p. 264; Sur les droits des agents du fisc concernant l'examen des livres de comptabilité, p. 264.

Le centre radioélectrique de Sainte-Assise. — Nous recevons à ce sujet la lettre suivante de M. Marius Latour :

Au cours de leur très intéressante description du centre radioélectrique de Sainte-Assise, publiée dans la « Revue générale de l'Electricité » du 5 août 1922, t. XII, p. 169-183, MM. G. Malgorn et M. Adam s'expriment en ces termes au sujet de la grande antenne de Sainte-Assise :

« On a adopté la disposition des terres multiples, voir la « Revue générale de l'Electricité », 15 avril 1922, t. XI, page 547 ».

Or, l'article de la « Revue générale de l'Electricité », ainsi mis en cause, contient la description d'un type d'antenne comportant essentiellement des descentes multiples de l'antenne à la surface du sol, disposition attribuée à M. Alexanderson (quoique d'ailleurs antérieurement connue). Il y a là un malentendu qu'il n'était certainement pas dans l'intention de MM. Malgorn et Adam de provoquer, puisque l'antenne du centre de Sainte-Assise ne comporte pas de descentes multiples.

En réalité, les terres multiples équilibrées, visées par la description de MM. G. Malgorn et M. Adam, font l'objet de mon brevet français n° 493063 et de mon brevet anglais n° 132 101 et de mon brevet allemand n° 351 941.

Il m'est agréable de signaler que j'ai imaginé cette disposition, brillamment mise au point par les Services techniques de la Société française radioélectrique, après avoir entendu M. Henri Abraham exposer les idées généralement admises aujourd'hui au sujet des pertes dans la terre.

Veuillez agréer, etc. .

A propos de la vérification des connexions des compteurs à haute tension. — M. Noir de Chazournes nous transmet, de Clermont-Ferrand, la lettre que nous publions ci-après :

J'ai lu, dans le numéro de la « Revue générale de l'Electricité » du 29 juillet 1922, t. XII, p. 137-145, l'article de M. Scoumanne sur la vérification des connexions des compteurs à haute tension.

Je me permets de rappeler, à ce propos, mon article publié dans le numéro du 6 mars 1914 de la « Revue électrique », t. XXI, p. 259, et dans lequel j'indiquais une méthode qui me paraît plus rapide que celle de M. Scoumanne et surtout plus à la portée des monteurs. Elle a, en outre l'avantage de s'appliquer à tout wattmètre ou compteur triphasé et non pas seulement à ceux qui se trouvent dans le primaire de transformateurs.

Voici, en effet, les conclusions de cet article :

Pour contrôler rapidement un wattmètre *en service*, on s'assure tout d'abord que le point commun des transformateurs de tension est bien pris sur la phase sans transformateurs d'intensité et correspond à la borne médiane du wattmètre, ce qui est immédiat par le jeu des fusibles.

Il suffit alors d'intervertir entre eux, à l'arrivée au wattmètre, les deux fils extrêmes de tension et d'observer les indications du wattmètre :

1° Si l'appareil marque 0, les connexions primitives étaient justes. On les rétablit.

2° Si l'appareil marque la moitié de ce qu'il indiquait, il faut laisser les deux fils de tension intervertis et changer le courant dans une des bobines d'intensité.

Digitized by Google

3° Si l'appareil marque le double de ce qu'il indiquait, il faut remettre les deux fils de tension comme ils étaient et changer le sens du courant dans une des bobines d'intensité.

Aucun autre cas ne peut se présenter.

Il n'y a de tâtonnement que dans le choix du courant à inverser, mais on est immédiatement averti si l'on se trompe, car les indications du wattmètre deviennent négatives.

Cette méthode m'a rendu beaucoup de services quand je faisais de l'exploitation. C'est pourquoi j'ai cru bon de la publier. Je l'ai d'ailleurs trouvée reproduite par des revues allemandes quelques mois après sa publication dans « La Revue électrique ».

Je vous prie d'agréer, etc.

Bibliographie : Annuaire du Syndicat professionnel des Industries électriques pour 1922 (1) Un groupement aussi important que le Syndicat professionnel des Industries électriques, qui compte 220 établissements adhérents, 330 membres actifs et 179 membres associés, et dont les capitaux investis dans la construction du matériel dépassent, à l'heure actuelle, 1 500 millions de francs, ne pouvait pas ne pas avoir son annuaire, c'est-à-dire une publication personnelle où les industriels trouveraient tous les renseignements techniques, commerciaux, financiers et législatifs intéressant leur profession. Plusieurs essais d'annuaire avaient été déjà tentés, que les circonstances troublantes de ces dernières années n'avaient pas permis de pousser à bout. Quoi qu'il en soit, ce premier volume, par son ampleur, offre une documentation très abondante, d'une part, grâce à la collaboration active d'un grand nombre d'adhérents et, d'autre part, grâce au caractère employé pour l'impression, notamment pour les chapitres relatifs à la législation.

L'ouvrage comprend 19 sections, séparées les unes des autres par des feuillets plus épais, en couleur, ce qui facilite beaucoup les recherches Leurs titres, dans l'ordre, sont : 1. Notice historique sur le Syndicat professionnel des Industries électriques. — 2. Liste générale par ordre alphabétique des établissements adhérents au Syndicat. — 3. Liste générale par ordre alphabétique des membres actifs. — 4. Liste de répartition des établissements et des membres actifs par sections professionnelles. — 6. Renseignements administratifs sur les établissements adhérents au Syndicat. — 7. Services annexes du Syndicat. Apprentissage. — 8. Groupements de syndicats. Groupements commerciaux. 9. Enseignement. — 10. Renseignements relatifs au Sénat, à la Chambre des Députés, aux Ministères, etc. — 11. Documentation sur la Standardisation et les règles techniques régissant la fabrication du matériel électrique. 12. Renseignements techniques, Unités, Monnaies (loi du 2 avril 1919 sur les unités de mesure, tables de conversion, etc.). 13. Législation des chutes d'eau et des distributions d'énergie électrique (260 p.). — 14. Législation sociale et ouvrière (248 p.). — 15. Memento fiscal de l'industriel. — 16. Commerce extérieur, Douanes, Tarif douanier pour le matériel électrique. Administration des Douanes. — 17. Liste par ordre alphabétique des différentes spécialités construites par les établissements adhérents au Syndicat. — 18 et 19. Répertoire alphabétique des sociétés ayant une annonce dans l'annuaire.

Dans la nomenclature des établissements d'enseignement, on a omis l'Institut électrotechnique et de Mécanique appliquée de Toulouse, ainsi que l'Institut électrotechnique de Lille.

Conformément au vœu d'un grand nombre de nos plus éminents savants, nous espérons que la prochaine édition ne contiendra plus le mot « standardisation » dont l'emploi généralisé est réprouvé par M. Mailloux lui-même. Dans l'acception, d'ailleurs impropre, qu'on lui attribue, son synonyme français est normalisation; par voie de conséquence, la Commission de Standardisation devra changer son nom. Au point de vue technique, c'est le chapitre consacré à la « Documentation » qui nous intéresse tout particulièrement, parce que c'est de sa rédaction que nous attendons le concours précieux qui nous est indispensable dans le bon combat que la « R. G. E. » soutient, depuis sa fondation, contre les corruptions de langage qui, insensiblement, envahissent la littérature scientifique. Nous faisons allusion ici aussi bien aux termes tels que voltage, ampérage, self, électro, etc., qu'à l'orthographe fantaisiste avec laquelle on écrit les symboles des unités, ou aux fautes dans la formulation des unités, ou aux omissions, plus nombreuses encore, des unités elles-mêmes, qui mesurent une grandeur donnée. Dans cet ordre d'idées, l'Annuaire que nous présentons a déjà pris une excellente initiative en reproduisant le vocabulaire électrotechnique (p. 296), la loi du 2 avril 1919 (p. 512) et les règles adoptées par les syndicats professionnels. Il y aurait lieu aussi de rappeler la règle d'Hospitalier, relative à la représentation des grandeurs par des lettres en italique, minuscules ou majuscules. L'Annuaire s'y est bien conformé pour les minuscules, mais les majuscules y figurent encore en caractère droit, notamment dans le tableau de la page 341. En résumé, une amélioration tangible ne sera atteinte dans ces réformes que par la constitution d'un front unique, résultant d'une entente cordiale entre les directeurs des journaux scientifiques et de la collaboration désintéressée de tous ceux qui ont à cœur d'assurer une bonne tenue à notre littérature technique. — B. C.

Bibliographie : Les électroaimants et les bobines d'induction, par H. De Graffigny, ingénieur civil, directeur de l'Institut électrotechnique du Génie civil (1). — Nombreuses sont les applications des électroaimants et des bobines d'induction; il est donc intéressant pour les amateurs de posséder quelques connaissances théoriques sur le fonctionnement de ces deux appareils. Ce sont précisément ces notions élémentaires qui sont développées dans le petit ouvrage de M. de Graffigny, toujours d'ailleurs sous cette forme simple et imagée dont l'auteur s'est fait une spécialité puisque ses livres de sciences sont surtout écrits pour le grand public. Une très large place est consacrée à la description des appareils. On y trouvera, par exemple, des détails intéressants sur les diverses formes d'électroaimants, sur les électroaimants monstres modèles Branly et King, sur les nouveaux électroaimants de Weiss et sur le grand électroaimant du Muséum, sur les électroaimants de levage, etc. Quant aux bobines et à leurs appareils accessoires, ils sont l'objet d'une étude relativement étendue, ce qui s'explique par leur application à deux découvertes de date relativement récente, les rayons X et les ondes électriques dans leur application à la télégraphie sans fil. L'auteur donne aussi quelques indications relatives à la construction de ces appareils, dont beaucoup sont à la portée des amateurs. — B. C.

(1) Un volume, format 24 cm × 15 cm, 1 315 pages, édité par le Syndicat professionnel des Industries électriques, 9, rue d'Edimbourg, Paris (VIIIe). Prix : broché, 30 fr.

(1) Un volume, format 19 cm × 12 cm, 200 pages, 116 figures dans le texte, édité par la librairie Desforges, 29, quai des Grands-Augustins, Paris, VIe. Prix : broché, 6 fr.

Digitized by Google

SECTION SCIENTIFIQUE & TECHNIQUE

Compléments à la théorie des alternateurs à deux réactions, branchés sur un réseau à potentiel constant (*Suite et fin*) (1)

3. Calcul du couple supplémentaire dû a un écart de phase dans le cas de la théorie simple, ou théorie de Joubert. — Soit U la tension du réseau, supposée constante; I, le courant débité par l'alternateur, sous un déphasage extérieur φ. La représentation graphique du fonctionnement de la génératrice est donnée dans la théorie simple de Joubert par la figure 10.

Soit θ un petit angle d'écart (assez petit pour être traité comme infiniment petit du premier ordre) et

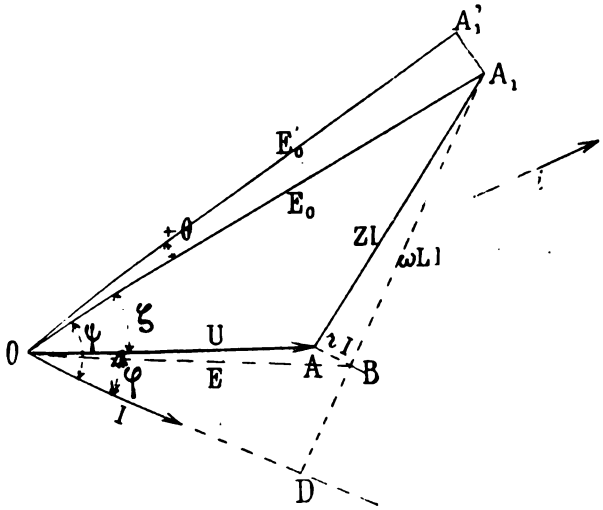


Fig. 10. — Diagramme d'un alternateur dont les réactions suivent la loi de Joubert ($L_t = L_d$).

supposons que la force électromotrice $E_0 = OA_1$ de l'alternateur marchant à vide vienne en OA'_1 sans changer sensiblement de longueur et que $A_1A'_1$ soit sensiblement perpendiculaire à OA_1. On voit que l'effet d'un écart θ en avance donne naissance à une force électromotrice supplémentaire $A_1A'_1 = E_0\,\theta$ et celle ci produit forcément, dans l'alternateur de réactance ωL supposée constante dans cette théorie, un courant supplémentaire très petit, déphasé sensiblement de 1/4 de période en retard, égal à $i = \dfrac{E_0\,\theta}{\omega L}$ et parallèle sensiblement à OA_1 et de même sens. Le sens de ce courant est indiqué par une flèche sur la figure.

(1) *R. G. E.*, du 12 août, t. XI, p. 203-212.

L'écart de phase produit donc une première variation de puissance $\dfrac{E_0\,\theta}{\omega L} \times E_0$. D'autre part, les composantes du courant en *phase* et en *quadrature* avec la force électromotrice interne E_0 ont des valeurs ($I \cos \psi$) et ($I \sin \psi$), en désignant par ψ l'angle de déphasage entre les vecteurs E_0 et I; la seconde de ces deux composantes étant seule parallèle à la force électromotrice supplémentaire $A_1A'_1 = E_0\,\theta$ donne seule une variation de puissance, qui est négative puisque les vecteur sont de sens opposés, et égale à $-E_0\,\theta\,I \sin \psi$.

La variation totale de puissance introduite par l'angle θ est donc égale, au premier ordre près, à la somme des deux variations précédentes multipliée par le nombre de phases q

$$(1) \qquad dP_0 = q\left[\frac{E_0^2}{\omega L}\theta - E_0\theta I \sin\psi\right];$$

et, par suite, le couple supplémentaire qui prend naissance C a pour expression, en désignant par ω la vitesse de pulsation et par p, le nombre de paires de pôles de l'alternateur,

$$(2) \qquad C = \frac{pq}{\omega}\frac{dP_0}{\theta} = \frac{pq}{\omega}E_0\left(\frac{E_0}{\omega L} - I\sin\psi\right);$$

ou, en appelant I_{cc} le courant de court-circuit,

$$(3) \qquad C = \frac{pq}{\omega}E_0\,(I_{cc} - I\sin\psi)$$

Telle est l'expression du couple que j'ai donnée dès 1892 (1).

Ce couple supplémentaire est rapporté ici à la force électromotrice E_0 que donnerait l'alternateur dans la marche à vide, au courant I et à l'angle de déphasage interne ψ entre I et E_0; mais on peut tout aussi bien le rapporter aux grandeurs U, I et φ qui correspondent à la tension et au courant du réseau. Reprenons le diagramme de la figure précédente et projetons la force électromotrice E_0 successivement sur la direction de I et sur la direction perpendiculaire. On en déduit les deux relations

$$(4) \qquad \begin{cases} E_0\cos\psi = U\cos\varphi + rI, \\ E_0\sin\psi = U\sin\varphi + \omega LI, \end{cases}$$

(1) *La Lumière électrique*, août 1892, n° 34.

Digitized by Google

qui reportées dans (2) donnent

$$(5)\quad C = \frac{pq}{\omega}\left[\frac{(U\cos\varphi + rI)^2 + (U\sin\varphi + \omega LI)^2}{\omega L} - (U\sin\varphi + \omega LI)\,I\right]$$

$$= \frac{pq}{\omega}\left[\frac{U^2 + r^2I^2 + 2UrI\cos\varphi}{\omega L} + UI\sin\varphi\right].$$

Enfin, en désignant par E la force électromotrice qui correspond à l'induction résultante dans l'induit représentée par $OB = \bar{U} + r\bar{I}$, le couple synchronisant s'écrit également.

$$(6)\quad C = \frac{pq}{\omega}\left[\frac{E^2}{\omega L} + UI\sin\varphi\right].$$

Le diagramme de fonctionnement de l'alternateur permet de calculer un peu autrement une valeur approchée du couple synchronisant. On sait que, dans ce diagramme, représenté aussi sur la figure 11, l'axe X

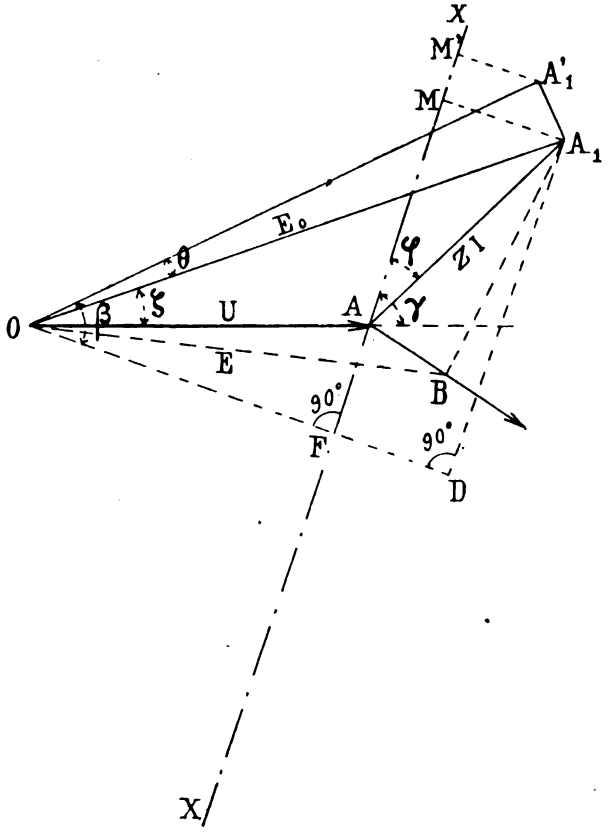


Fig. 11.

faisant avec la direction de U un angle γ tel que $\operatorname{tang}\gamma = \frac{\omega L}{r}$. Il fait un angle φ avec ZI et sert à représenter les *puissances aux bornes* P' [1] : au courant I correspond le vecteur $AM = ZI\cos\varphi$ qui est donc proportionnel à $UI\cos\varphi$, puisque la tension du réseau est considérée comme constante. On a ainsi

$$AM = \frac{Z}{U}\frac{P'}{q}, \quad \text{ou} \quad \frac{P'}{q} = \frac{U}{Z}AM,$$

Menons OD perpendiculaire à l'axe XX des puissances et A_1D parallèle à cet axe; désignons par β l'angle de E_0 avec OF

$$(7)\quad \beta = \zeta + \left(\frac{\pi}{2} - \gamma\right).$$

Projetons E_0 et U sur cet axe XX; on en déduit la valeur du vecteur $\overline{AM}$ en fonction de ces forces électromotrices

$$\overline{AM} = E_0\sin\beta - U\cos\gamma;$$

d'où, pour la puissance aux bornes,

$$(8)\quad P' = \frac{qU}{Z}(E_0\sin\beta - U\cos\gamma).$$

On peut considérer l'angle d'écart θ comme la différentielle de β (ou de ζ, ce qui revient au même)

$$\theta = d\beta = d\zeta,$$

et calculer la dérivé $\frac{dP'}{d\beta}$ de l'expression (8) en se rappelant que E_0, U et γ sont des constantes

$$(9)\quad \frac{dP'}{d\beta} = \frac{qU}{Z}E_0\cos\beta.$$

Remplaçons dans cette dernière relation $E_0\cos\beta$ par $\overline{OD}$ du diagramme précédent égal lui-même à $U\sin\gamma + ZI\sin\varphi$; il vient

$$\frac{dP'}{d\beta} = q\left[\frac{U^2}{Z}\sin\gamma + UI\sin\varphi\right] = q\left[\frac{U^2}{\omega L}\sin\gamma + UI\sin\varphi\right].$$

Si l'on néglige la résistance r devant l'inductance ωL, cette dernière expression se simplifie encore, car $\sin\gamma = \frac{\omega L}{Z} \cong 1$, et conduit pour le couple supplémentaire dû à l'écart de phase à l'expression

$$(10)\quad C = \frac{pq}{\omega}\left[\frac{U^2}{\omega L} + UI\sin\varphi\right].$$

Ce résultat est équivalent, aux termes en r près, à celui que donnait l'équation (5).

La variation de $E_0\sin\beta$ correspondant à l'écart du déphasage θ entre E_0 et U est représentée sur le dia-

[1] P' est égal à P quand on néglige les pertes.

Digitized by Google

gramme par le segment $\overline{MM'}$ compris entre les projections de A_1 et A'_1 sur l'axe XX des puissances, de sorte que ce segment donne, directement et sans aucun calcul, la mesure de la puissance synchronisante correspondante

$$dP' = q \frac{U}{Z} \overline{MM'} \quad \text{ou} \quad \overline{MM'} = \frac{Z}{U} \frac{dP'}{q}.$$

Ce procédé graphique immédiat, de détermination des couples synchronisants, permet de se faire une idée rapide de la valeur des couples et de leur variation.

En seconde approximation, on pourrait tenir compte des pertes, et déterminer le couple synchronisant produit par une variation de $\frac{dP}{d\beta}$ de la puissance interne P, mais les calculs graphiques perdraient de leur simplicité, car, comme on l'a vu, les droites isodynes de puissance aux bornes sont remplacées par des cercles.

Ce calcul se ferait pratiquement en mesurant sur le diagramme la variation $\Delta P'$ correspondant à un angle d'écart $\Delta\beta$.

4. Détermination approchée du couple synchronisant dû a un décalage de phase dans la théorie des deux réactions. — Un premier procédé consiste à relever sur le diagramme la variation $\Delta P'$ correspondant à une variation $\Delta\zeta$ de l'angle de déphasage de la force électromotrice joubertique par rapport à la tension U.

Le couple synchronisant a alors pour expression approchée

$$C = \frac{p q}{\omega} \frac{\Delta P}{\Delta \zeta}.$$

Comme dans le cas de la théorie de Joubert, une fois connue l'extrémité A_1 de la force électromotrice joubertique correspondant au déphasage $(\zeta + \theta)$, on lit directement sur le diagramme et sans calcul la valeur MM' de la puissance $\Delta P'$ synchronisante.

Pour des angles de déphasage interne ζ pas trop grands, quand $L_t < L_d$, ce qui est le cas du limaçon représenté sur la figure 4, la puissance synchronisante croît moins vite que dans le cas de la théorie de Joubert, cela pour deux raisons : E_j est inférieure à E_0 ; l'angle v est supérieur à $\frac{\pi}{2}$. C'est l'inverse quand les réactions sont telles que $L_t > L_d$.

Mais on peut obtenir l'expression algébrique plus ou moins complète de ce couple comme on va l'indiquer.

Supposons, en première approximation, les pertes négligeables, et désignons par P la puissance aux bornes du réseau. On peut considérer, comme plus haut, l'écart angulaire du courant I et de la force électromotrice E_0 ou E_j par rapport à l'axe transversal (1) ; mais il revient naturellement au même de supposer que E et I sont fixes, et que c'est le point A_1, sommet de la force électromotrice joubertique qui se déplace et qui vient en A'_1 pour un écart θ, comme l'indique le diagramme de la figure 12.

Il suffit de reprendre le diagramme de la figure 11 qui nous a servi pour le cas de la théorie de Joubert et

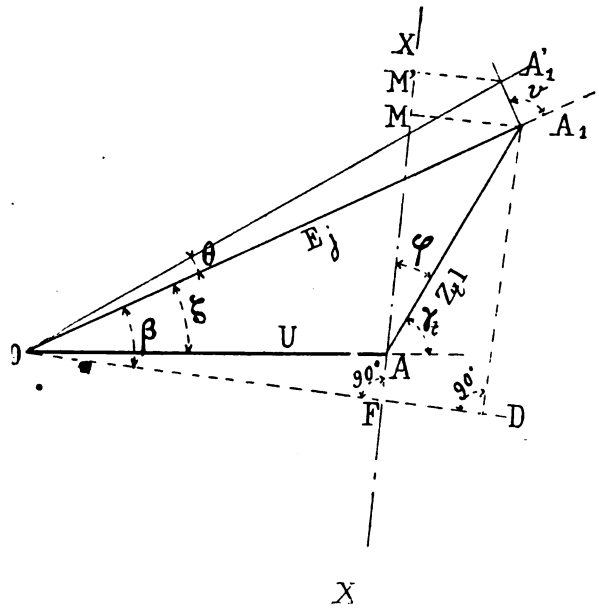


Fig. 12. — Diagramme d'un alternateur dont les réactions sont inégales. L'angle γ_t doit être prolongé jusqu'en AM.

de l'adapter à celle-ci, en changeant Z en Z_t ; γ en γ_t, E_0 en E_j ; enfin la petite force électromotrice supplémentaire $A_1 A'_1$ ne sera plus normale au vecteur OA_1, mais fera l'angle v que l'on a défini plus haut.

La puissance aux bornes représentée par le vecteur MA s'écrit, comme pour le cas de Joubert, avec ces modifications

$$P = \frac{U}{Z_t} (E_j \sin\beta - U \cos\gamma_t);$$

d'où en dérivant par rapport à β et en remarquant que θ est égal à $d\beta$

$$\frac{dP}{d\beta} = \frac{U}{Z_t} \left(E_j \cos\beta + \frac{dE_j}{d\beta} \sin\beta \right),$$

Introduisons dans cette expression la dérivée $\frac{dE_j}{d\beta}$ de la force électromotrice joubertique E_j

$$\frac{dE_j}{d\beta} = \left(\frac{L_t}{L_d} - 1 \right) U \sin\zeta;$$

et remarquons que, dans un calcul de première approximation, on a, en négligeant les chutes ohmiques devant

(1) C'est ainsi que j'ai établi ce couple synchronisant dans une note à l'Académie des Sciences du 3 mars 1913. *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 1913, t. CLVI, p. 680.

Digitized by Google

les forces électromotrices de réaction dues aux réactances ωL_t et ωL_d

$$\cos\beta = \cos\zeta, \quad \sin\beta = \sin\zeta,$$
$$U_d = \omega L_t I_t, \qquad U_t = E_j - \omega L_d I_d.$$

La dérivée de la puissance devient, après substitution de ces valeurs,

$$\frac{dP}{d\beta} = E_j\left(\frac{E_j}{\omega L_t} - I_d\right) + \frac{L_t}{L_d}(\omega L_t - \omega L_d) I_d^2.$$

Cette expression, obtenue uniquement par le calcul, vérifie celle à laquelle j'étais arrivé déjà en 1913 par des raisonnements plus difficiles à suivre. On passe de cette expression à une autre équivalente simplement en remplaçant E_j par sa valeur, $E_j = U_t + \omega L_t I_d$

$$\frac{dP}{d\beta} = \frac{U_t^2}{\omega L_t} + \frac{U_d^2}{\omega L_d} + U I_d - U_d I_t.$$

Ce procédé de calcul des couples synchronisants s'appliquerait même au cas où l'alternateur est compoundé, ce qui revient à détruire entièrement ou seulement partiellement les ampères-tours de réaction. Il suffit alors, dans les développements précédents, de considérer la force électromotrice E_0 comme variant avec l'angle d'écart θ dû aux oscillations.

Remarque. Couple synchronisant dans le cas de deux alternateurs travaillant en parallèle. — 1. Supposons, tout d'abord, les deux alternateurs identiques et identiquement excités. En l'absence d'oscillations, leurs diagrammes se superposent exactement ; chacun d'eux fournit un courant I représenté par le vecteur $Z_t I$ (fig. 13).

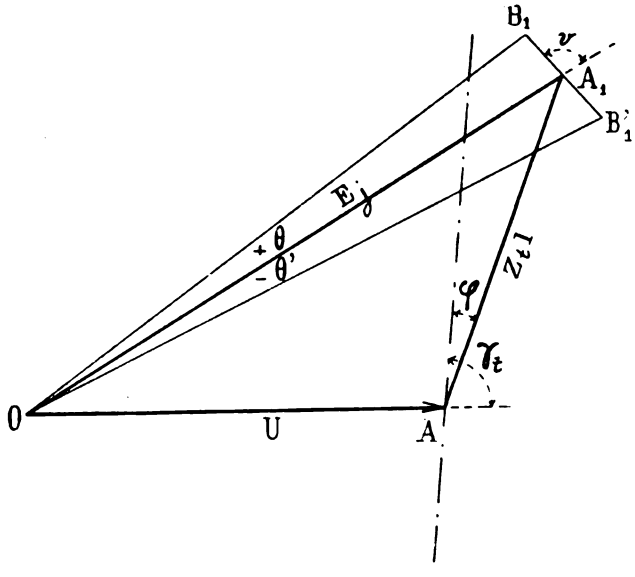


Fig. 13. — Diagramme de la marche en parallèle de deux alternateurs. Cas d'excitations identiques.

Si l'un d'eux subit un écart $+\theta$ sous l'effet d'un couple accélérateur, l'autre présentera un retard $-\theta'$ par rapport au diagramme commun qui se dédouble ainsi en deux autres : AOB_1 et AOB'_1. Les points B_1 et B'_1, extrémités de la force électromotrice joubertique, se déplaceront sur le limaçon commun. Pour des écarts assez faibles, le point A_1 reste fixe et le segment rectiligne $B_1A_1B'_1$ peut être considéré comme représentant le segment du limaçon lui-même.

Les courants de synchronisation des deux alternateurs devant, d'autre part, être égaux et de signes contraires, les segments AB_1 et $A_1B'_1$ proportionnels à ces courants (facteur de proportionnalité Z) sont égaux. Quand les deux coefficients de réaction sont assez peu différents pour que le limaçon se rapproche du cercle, l'angle v est voisin de $\frac{\pi}{2}$ et les angles d'écart $+\theta$ et $-\theta'$, sont sensiblement égaux.

On peut donc traiter ce problème comme celui d'un seul alternateur, à condition de considérer comme angle d'écart l'angle par rapport à un alternateur fictif de vitesse constante.

2. Si les alternateurs, tout en ayant même impédance vectorielle $Z_t \underline{/\gamma_t}$ étaient inégalement excités, leur marche rigoureusement synchronique donnerait lieu à deux diagrammes OAA_1 et OAA'_1 (fig. 14) différant par la longueur des côtés AA_1 et OA_1.

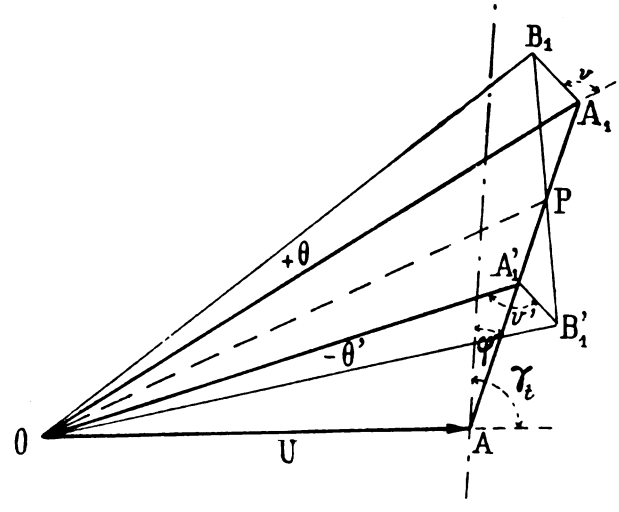


Fig. 14. — Diagramme de la marche en parallèle de deux alternateurs. Cas d'excitations différentes.

Ces alternateurs débiteraient des courants différents proportionnels à AA_1 et AA'_1 respectivement, mais ayant même déphasage γ. On peut se représenter que l'effet de ces deux alternateurs équivaut à celui de deux alternateurs de même excitation débitant chacun le courant moyen AP

$$AP = \frac{1}{2}(AA_1 + AA'_1).$$

Digitized by Google

A un angle d'écart $+\theta$ de l'un correspond pour l'autre un angle d'écart $-\theta'$. Les points B_1 et B'_1 se déplacent sur les limaçons de chacun des alternateurs jusqu'à ce que la condition $PB_1 = PB'_1$, qui est celle de l'égalité des courants synchronisants, soit réalisée.

L'angle γ_t est sensiblement le même pour la plupart des alternateurs ordinaires, de sorte que, même pour un module d'impédance Z_t différent, les points A_1 et A'_1 sont encore sur la même droite. Les courants I et I' fournis respectivement par les alternateurs d'impédance $Z_t \underline{/\gamma_t}$ et $Z_t \underline{/\gamma'_t}$ sont donnés ainsi par les vecteurs

$$AA_1 = Z_t I_t; \quad AA'_1 = Z'_t I'_t.$$

3. Quand les angles γ_t d'impédance diffèrent, les vecteurs AA_1 et AA'_1 font entre eux un angle égal à la différence $(\gamma_t - \gamma'_t)$. Dans la marche rigoureusement synchronique, on peut remplacer encore ces deux alternateurs inégaux par deux alternateurs égaux ayant chacun un diagramme OAP moyen. A l'écart de phase $+\theta$ de l'un correspond un écart $-\theta'$ de l'autre ; et les deux segments PB_1 et PB'_1 représentent encore chacun, à l'échelle du diagramme de l'alternateur correspondant, le courant synchronisant. La discussion de ce cas général serait ainsi compliquée et, d'ailleurs, grand intérêt pratique.

4. *Couple synchronisant dû à un écart de phase déduit de considérations plus physiques.* — Les couples synchronisants ont été calculés ci-dessus à partir des diagrammes et d'expressions algébriques ; mais on peut les déduire de considérations purement physiques, comme on va l'indiquer.

On a déjà rappelé que le principe de la méthode des deux réactions consiste à décomposer le flux utile Φ_u qui passe dans l'induit en deux composantes respectivement dirigées parallèlement à l'axe des pôles et parallèlement à des axes situés à égale distance angulaire entre les précédents. Si l'on transforme l'alternateur en un alternateur idéal bipolaire, les deux axes sont respectivement parallèle et perpendiculaire à l'axe des pôles. Le premier flux s'appelle le flux *direct* Φ_d et le second flux *transversal* Φ_t. Nous porterons ce dernier suivant un axe OX ; l'autre, suivant sa perpendiculaire OY (1) (fig. 15).

Nous étendons les mêmes notations aux forces électromotrices et aux intensités de courant qui circulent dans l'induit, supposé couvert d'un enroulement polyphasé d'un nombre quelconque de phases, en appelant force électromotrice wattée ou transversale E_t celle qui serait induite par un flux direct Φ_d, et force électromotrice directe E_d celle qui serait induite par un flux transversal Φ_t. La première passe par un maximum quand elle est induite dans une bobine au moment où celle-ci chevauche deux pôles ; la seconde a son maximum quand l'axe de la même bobine coïncide avec le centre d'un pôle.

Vectoriellement, si on représente par OA (fig. 15) la direction du vecteur du flux Φ_t, le vecteur de la force électromotrice transversale E_t induite par Φ_d sera représenté par une droite OB déphasée de $\frac{\pi}{2}$ en retard sur OA. De même le flux transversal Φ_t porté en OC parallèle-

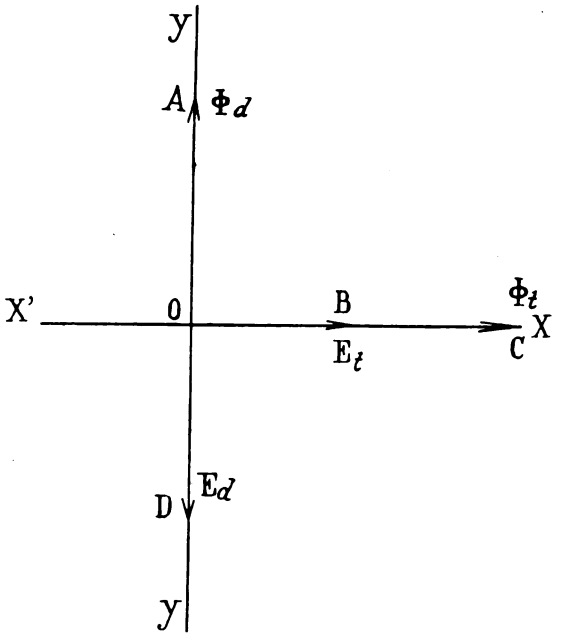


Fig. 15. — Représentation graphique des flux et des forces électromotrices pour la détermination des couples synchronisants.

ment à E_t induit une force électromotrice E_d déphasée de $\frac{\pi}{2}$ en arrière, c'est-à-dire suivant OD opposé à OA.

Reportons-nous au diagramme général de la théorie des deux réactions. On peut faire les remarques suivantes :

Un courant induit direct I_d en phase avec E_d produit des contre-ampères-tours directs (puisqu'il a son maximum lorsque l'axe de la bobine dans laquelle il circule coïncide avec l'axe polaire (1) ; de même le courant transversal I_t en phase avec E_t produit des ampères-tours de réaction transversale produisant un flux dirigé suivant OX, déphasé de $\frac{\pi}{2}$ en arrière par rapport au flux Φ_d. L'axe OY sera l'axe des valeurs positives de E_d et I_d.

Toute variation d'un courant I dans l'induit tend à produire dans celui-ci une force électromotrice dépha-

(1) On néglige d'abord la chute ohmique, en se réservant de faire une correction ultérieurement.

(1) Il donne donc naissance dans les pôles à un flux opposé à Φ_d, ce qui est bien conforme à la direction du vecteur E_d par rapport au vecteur Φ_d.

Digitized by Google

sée de $\frac{\pi}{2}$ en retard par rapport à I; la variation d'un courant direct positif (ou déphasé) produira donc, par l'effet de la self-induction directe L_d, une force électromotrice transversale ($-\omega L_d I_d$) représentée par un vecteur dirigé suivant OX ; tandis que la variation d'un courant transversal ou watté I_t positif donnera une force électromotrice de self-induction directe ($-\omega L_t I_t$) dirigée suivant OY', c'est-à-dire déphasée de $\frac{\pi}{2}$ en arrière.

On remarquera que tout ce qui précède s'applique à l'*ensemble* des courants polyphasés circulant dans un induit ; car, ainsi que je l'ai montré antérieurement, on peut traiter un induit polyphasé comme un ensemble électromagnétique unique (1), donnant lieu à des forces électromotrices vectorielles et à des courants vectoriels ; les relations entre ces valeurs vectorielles et les flux, dirigés comme on l'a dit plus haut, restent valables pour les forces électromotrices et les courants de chaque phase, à la seule condition d'appliquer aux enroulements des coefficients numériques convenablement calculés d'après le nombre de phases et le nombre de sections par phase.

Il est commode pour distinguer, dans les calculs, les directions des valeurs suivant l'un ou l'autre des axes OX, OY d'employer les *notations symboliques*, comme nous allons le faire, en nous appuyant sur le principe de ces représentations dû à Cauchy. Toute variable harmonique de fréquence ω sera représentable par un vecteur de longueur égale à la valeur efficace de la variable (2).

Considérons encore les deux axes OX, OY que l'on a définis ci-dessus et appliquons le coefficient $j = \sqrt{-1}$ à tout vecteur parallèle à OY. Toute force électromotrice E ou courant I pourra être représenté symboliquement par les expressions

$$E = E_t + jE_d. \tag{1}$$

$$I = I_t + jI_d. \tag{2}$$

Dans ces notations, une dérivation équivaut vectoriellement à une multiplication par $j\omega$.

(1) *C. R. Ac. Sciences*, 19 février et 5 mars 1895 et *Lumière Électrique*, t. I. et II. Ceci est d'autant plus exact que le nombre des phases est plus grand. Dans cette étude antérieure, j'exprimais par la grandeur U la somme en valeur absolue des forces électro-motrices. Mais il est plus simple de désigner par U la force électromotrice d'une seule phase, en valeur absolue.

(2) Nous avons donné un tableau de ces coefficients numériques k et K dans un article sur les champs magnétiques tournants publié dans la *Lumière électrique*, 1894; ils sont aussi bien applicables aux alternateurs qu'aux moteurs. L'alternateur à nombre infini de phases donne des champs sinusoïdaux : avec un nombre fini de phases (pratiquement 3, 4 ou 6), les champs sont moins réguliers et peuvent produire des harmoniques supérieurs, mais nous sommes obligés de négliger ceux-ci comme des termes de second ordre dans le problème qui nous occupe.

Les forces électromotrices induites par la self-induction du courant I seront donc représentées par deux composantes

$$e_d = -j\omega L_t I_t, \tag{3}$$

suivant l'axe direct OY et

$$e_t = -j\omega L_d (jI_d) = +\omega L_d I_d, \tag{4}$$

suivant l'axe transversal OX ; d'où la résultante

$$E_r = \omega L_d I_d - j\omega L_t I_t,$$

Le passage du courant $I_t + jI_d$ dans l'induit de résistance ohmique r et de self-induction

$$L_t = s + l_t, \quad L_d = s + l_d,$$

en appelant s la dispersion de l'induit et l_d, l_t ses deux self-inductions relatives aux flux, respectivement transversal et direct qui se ferment par les pôles inducteurs, produira de même des chutes de tension composantes directe et transversale respectivement égales à

$$je_d = +j\omega L_t I_t. \tag{5}$$

$$-e_t = -\omega L_d I_d. \tag{6}$$

D'où la chute résultante de tension dans l'induit sera

$$\begin{aligned} \Delta U &= rI + j\omega L_t I_t - \omega L_d I_d \\ &= (r + j\omega L_t) I_t + j(r + j\omega L_d) I_t \\ &= (r + j\omega s) I + j\omega l_t I_t - \omega l_d I_d. \end{aligned} \tag{7}$$

Suivant les cas, on peut employer l'une ou l'autre de ces formules. La puissance électrique active P fournie par la force électromotrice E et le courant I s'obtiendra, d'après (1) et (2), en faisant la somme des produits des coefficients des parties réelles ensemble et des parties imaginaires ensemble, c'est-à-dire

$$P = q\,[E_d I_d + E_t I_t]. \tag{8}$$

Des équations précédentes, on déduit, réciproquement, que, pour compenser par des forces électromotrices de self-induction des forces électromotrices e_t, je_d dirigées suivant les deux axes respectivement, il faudrait faire circuler dans l'armature des courants induits ayant respectivement pour valeurs complexes

$$ji_d = j\frac{e_t}{\omega L_d}; \quad \text{soit} \quad \frac{e_t}{\omega L_d} \text{ porté sur l'axe OY.} \tag{9}$$

$$i_t = -\frac{e_d}{\omega L_t}; \quad \text{soit} \quad \frac{e_d}{\omega L_t} \text{ porté du côté OX'.} \tag{10}$$

Soit au total par phase

$$i = -\frac{e_d}{\omega L_t} + \frac{je_t}{\omega L_d}.$$

Digitized by Google

Ils entraîneront une variation de la puissance P qu'on obtiendra en multipliant les coefficients deux à deux par ceux de l'expression (1)

$$(11) \qquad P = -q\left[\frac{E_d e_t}{\omega L_d} + \frac{E_t e_d}{\omega L_t}\right].$$

Enfin, en divisant par $\frac{\omega}{p}$, le nombre de paires de pôles étant représenté par p, on a le couple correspondant.

Remarque I. — On peut se rendre compte de cette variation de couple un peu autrement, en remarquant que les ampères-conducteurs placés sur l'induit peuvent se décomposer en deux parties : les ampères-conducteurs formant des spires perpendiculaires à l'axe des pôles, c'est-à-dire donnant des contre-ampères-tours, et les ampères-conducteurs formant des spires transversales et donnant, par suite, des ampères-tours transversaux.

Les premières sont soumises à un couple sous l'effet du champ transversal que j'appellerai H et que l'on peut écrire $KI_d\ H$, en appelant K une constante dépendant de la construction du moteur. Les secondes sont soumises de même, par l'effet du champ principal direct H, à un couple $KI_t\ H_d$. Mais, d'autre part, les champs sont proportionnels aux forces électromotrices qu'ils produisent, c'est-à-dire respectivement à E_d et à E_t. L'ensemble des deux couples produits par les réactions est donc proportionnel à la variation de la somme $E_d I_d + E_t I_t$, c'est-à-dire à la puissance calculée comme ci-dessus, soit pour les q phases à

$$(12) \qquad -q\left[\frac{E_t e_d}{\omega L_t} + \frac{E_d e_t}{\omega L_t}\right].$$

puisque la différentielle d'un produit est égale à la somme des produits de chaque facteur par la différentielle de l'autre.

6. Détermination algébrique et complète du couple synchronisant dû a un écart angulaire. — Les raisonnements qui précèdent ont l'avantage de faire comprendre l'aspect physique du phénomène; mais ils demandent un peu d'attention pour être suivis ; en outre, ils ont l'inconvénient de négliger, provisoirement, l'influence de la résistance. Ils peuvent être remplacés par l'exposé suivant plus complet.

Cet exposé fait encore emploi des notations symboliques. Comme le symbole j sert simplement à distinguer les vecteurs qui sont portés suivant l'axe vertical, ici OD (fig. 1), de ceux qui sont portés suivant l'axe horizontal, ici OT, chaque équation symbolique ne fait, en réalité, que remplacer deux équations ordinaires relatives aux projections des vecteurs sur les deux axes.

On représente par OD l'axe des flux directs, c'est-à-dire de ceux qui émanent des axes des pièces polaires des inducteurs ; par OT, l'axe transversal, c'est-à-dire décalé en arrière du mouvement et qui représente les directions intermédiaires entre les directions polaires (c'est-à-dire la direction perpendiculaire dans le cas d'une machine idéale bipolaire équivalente à la machine étudiée).

Nous supposons que l'alternateur travaille dans une partie rectiligne des caractéristiques des inducteurs et de l'induit, ce qui permet de considérer la self-inductance directe L_d comme une constante ; d'autre part, nous admettons que L_t est également une constante, ce qui est suffisamment près de la vérité.

Pour réaliser en charge le régime U, I, l'alternateur doit avoir une excitation telle qu'en circuit ouvert apparaîtrait une certaine force électromotrice E_0, dont le vecteur serait représenté par exemple en OD suivant l'axe OT. On peut calculer immédiatement la grandeur de ce vecteur, d'après le diagramme général de la figure 1, par l'équation symbolique

$$(1) \qquad \begin{aligned} E_0 &= \overline{U} + r\overline{I} + j\omega L\, I_t + j\omega L_t\,(-jI_d) \\ &= U_t + rI_t + \omega L_t I_d - j\,(U_d + rI_d - \omega L_t I_t). \end{aligned}$$

La puissance interne P de la génératrice se déduit, en grandeur et en signe, des valeurs de E et de I, comme d'habitude, en faisant les produits deux à deux des projections de même sens. Elle est pour chacune des q phases (1)

$$(2) \qquad \frac{1}{q}P = E_t I_t + E_d I_d = U_t I_t + U_d I_d + rI^2.$$

Il s'agit maintenant de voir comment variera la puissance sous l'effet d'un déphasage, en remarquant que ce déphasage revient à faire tourner les axes DOT autour du centre O d'un petit angle $\theta = d\rho = d\zeta = d\psi$, cet angle θ étant compté positivement quand l'axe OT tourne dans le sens de l'avance de l'alternateur par rapport au réseau. Si on tient compte des équations de définition,

$$(3) \qquad U_t = U\cos\zeta, \qquad U_d = U\sin\zeta,$$

on en déduit immédiatement, en représentant par des lettres accentuées les dérivées par rapport à ζ des lettres non accentuées

$$(4) \qquad U'_t = -U_d \qquad U'_d = U_t.$$

Si on représente de même par des I accentués les dérivées de I, on peut écrire l'expression de la dérivée de la puissance par rapport à l'angle sous une première forme déduite de (2) par différentiation

$$(5) \qquad \frac{1}{q}\frac{dP}{d\zeta} = U_t I'_t + U'_t I_t + U_d I'_d + I_d U'_d + 2r(I_t I'_t + I_d I'_d).$$

(1) On néglige provisoirement les pertes provenant de l'hystérésis et des courants de Foucault pour simplifier ; elles seront introduites plus loin dans l'expression de la puissance interne de l'alternateur. L'équation a été écrite en divisant les deux membres par q, afin de ne pas traîner ce facteur dans les différentes expressions qu'on donnera de la puissance et du couple, ce qui compliquerait l'écriture par de nouvelles parenthèses.

Digitized by Google

Il ne reste plus qu'à calculer les valeurs de I_t et I_d. Dans ce but, remplaçons l'équation (1) par ses deux composantes relatives respectivement aux valeurs réelles et aux valeurs imaginaires ; on obtient les équations

$$(6)\qquad E_0 = U_t + rI_t + \omega L_d I_d,$$
$$(7)\qquad 0 = U_d + rI_d - \omega L_t I_t,$$

qui représentent simplement les équations de projection des vecteurs sur les axes OT et OD' respectivement.

En prenant les dérivées, on obtient immédiatement les deux relations

$$(8)\qquad rI'_t + \omega L_d I'_d = -U'_t = U_d,$$

et

$$(9)\qquad -rI'_d + \omega L_t I'_t = U'_d = U_t.$$

En première approximation, quand on néglige l'influence de la résistance par rapport aux réactances totales qui sont toujours beaucoup plus grandes, on en déduit les expressions simples

$$(10)\qquad I'_d = \frac{U_d}{\omega L_d},$$

et

$$(11)\qquad I'_t = \frac{U_t}{\omega L_t},$$

et, par suite, la dérivée de la puissance devient

$$(12)\qquad \frac{1}{q}\frac{dP}{d\zeta} = \frac{U_t^2}{\omega L_t} - U_d I_t + \frac{U_d^2}{\omega L_d} + U_t I_d,$$

et le couple C

$$(13)\qquad \frac{\omega}{pq} C = \frac{1}{q}\frac{dP}{d\zeta} = \frac{U_t^2}{\omega L_t} + \frac{U_d^2}{\omega L_d} + \Pi,$$

en désignant par p le nombre de pôles de l'alternateur et par Π, la dispotence ou puissance réactive

$$(14)\qquad \Pi = U_t I_d - U_d I_t = UI \sin \varphi.$$

Mais il n'est pas beaucoup plus compliqué d'avoir l'expression exacte tenant compte des résistances, car on tire aisément de (8) et (9) les valeurs

$$(15)\qquad I_t = \frac{rU_d + \omega L_d U_t}{r^2 + \omega^2 L_t L_d},$$

et

$$(16)\qquad I_d = \frac{-rU_t + \omega L_t U_d}{r^2 + \omega^2 L_t L_d},$$

et, par suite, on obtient pour le couple C

$$(17)\qquad \frac{\omega}{pq} C = \frac{1}{q}\frac{dP}{d\zeta} = (U_t + 2rI_t)\frac{rU_d + \omega L_d U_t}{r^2 + \omega^2 L_d L_t} + (U_d + 2rI_d)\frac{-rU_t + \omega L_t U_d}{r^2 + \omega^2 L_d L_t} + \Pi,$$

qui, après simplification, se ramène à la forme

$$(18)\qquad \frac{\omega}{pq} C = (U_t + 2rI_t)\frac{\omega L_t U_t}{Z_m^2} + (U_d + 2rI_d)\frac{\omega L_t U_d}{Z_m^2} + \Pi\left(1 - \frac{2r^2}{Z_m^2}\right),$$

en désignant, pour simplifier, par Z_m l'impédance moyenne donnée par l'expression

$$Z_m = \sqrt{r^2 + \omega^2 L_d L_t} \simeq \omega\sqrt{L_d L_t}.$$

L'expression simplifiée de cette impédance a donc une valeur intermédiaire entre la réactance directe et la réactance transversale. En négligeant, comme on a en pratique le droit de le faire, le carré de la résistance r devant le carré de cette réactance moyenne, l'expression (17) ou (18) du couple C peut se mettre sous la forme plus simple approchée

$$(19)\qquad \frac{\omega}{pq} C = (U_t + 2rI_t)\frac{U_t}{\omega L_t} + (U_d + 2rI_d)\frac{U_d}{\omega L_d} + \Pi\left(1 - \frac{2r^2}{\omega^2 L_d L_t}\right).$$

Telle est l'expression du couple élastique C dans le cas le plus général d'un alternateur polyphasé présentant un nombre quelconque de pôles et de phases et ayant deux réactances différentes suivant l'axe des pôles et suivant l'axe transversal.

On peut remarquer, d'autre part, que, même lorsque les alternateurs ne travaillent pas dans les parties rectilignes des caractéristiques, on peut toujours, tant que les oscillations sont de faible amplitude, comme nous le supposons, remplacer ces caractéristiques par leurs tangentes et on est en droit, par conséquent, de supposer pendant les oscillations que L_t et L ne varient pas à la seule condition de leur attribuer les valeurs moyennes qui correspondent à ces tangentes ainsi que je l'ai expliqué dans un travail antérieur.

D'ailleurs, il résulte des essais exposés par M. Léauté (*Bulletin Soc. Fr. des électriciens*, 1916), sur des turbo-alternateurs de fabrication moderne, que ces machines se comportent bien dans toute l'étendue de leur fonctionnement comme si elles avaient deux coefficients d'inductance L_d et L_t constants et différents l'un de l'autre.

Influence de l'hystérésis et des courants de Foucault. — Les équations précédentes permettent d'ajouter très facilement aux variations du couple élastique l'effet

Digitized by Google

qui provient d'une variation de pertes par hystérésis et courants de Foucault ; ces pertes H peuvent toujours, comme on l'a déjà dit plus haut, être ramenées à la forme de l'équation

$$H = \nu E^2, \tag{20}$$

en appelant ν un coefficient convenablement choisi, fonction de la fréquence des courants polyphasés, et sensiblement invariable dans le cas considéré, et E la force électromotrice interne. Cette formule n'a pas de prétention à la rigueur parce que, d'une part, nous acceptons l'exposant 2, au lieu de l'exposant 1,6 de Steinmetz, dans le calcul de l'hystérésis en fonction de l'induction B à laquelle E est proportionnelle ; et, d'autre part, nous admettons que cette induction B est sensiblement constante dans les différentes parties du fer induit, ce qui est toujours inexact. Il ne s'agit donc ici que d'une approximation (1). Mais ce degré de précision est le seul que comporte l'hypothèse fondamentale de toute cette étude, à savoir, une loi de répartitions inusoïdale pour les flux et une loi de variation sinusoïdale pour les forces électromotrices et les courants.

Cela admis, la puissance perdue H peut être elle-même soumise à une dérivation par rapport à la variation de l'angle ζ ; mais en faisant cette dérivation, il ne faut pas oublier que E est la résultante de deux vecteurs, suivant l'équation

$$E^2 = E_t^2 + E_d^2. \tag{21}$$

On en déduit pour la dérivée l'expression

$$\frac{dH}{d\zeta} = 2\nu\,(E_t E'_t + E_d E'_d). \tag{22}$$

D'autre part, les dérivées E'_t et E'_d qui figurent dans cette formule sont déduites de I_t et I_d en dérivant l'équation de projection et en remarquant que U est une constante ; d'où

$$E_t = U_t + rI_t ; \quad E'_t = rI'_t,$$
$$E_d = U_d + rI_d ; \quad E'_d = rI'_d.$$

En substituant dans (22), on a donc

$$\frac{dH}{d\zeta} = 2\nu r\,(E_t I'_t + E_d I'_d). \tag{23}$$

En remplaçant les projections de E par leurs valeurs données ci-dessus, on obtient l'expression

$$\frac{dH}{d\zeta} = 2\nu r\,[(U_t + rI_t)\,I'_t + (U_d + rI_d)\,I'_d], \tag{24}$$

et, en remplaçant les dérivées des courants par leurs expressions (15) et (16), on a finalement l'expression

$$\frac{dH}{d\zeta} = 2\nu r\left[(U_t + rI_t)\frac{U_t}{\omega L_t} + (U_d + rI_d)\frac{U_d}{\omega L_d} - \Pi\frac{r^2}{\omega^2 L_d L_t}\right], \tag{25}$$

d'où, en désignant par C_H le couple supplémentaire dû à l'hystérésis et aux courants de Foucault,

$$\frac{\omega}{pq} C_H = \frac{1}{q}\frac{dH}{d\zeta} = 2\frac{\nu}{q} r\left[\frac{U_t^2}{\omega L_t} + \frac{U_d^2}{\omega L_d} + r\left(\frac{U I_t}{\omega L_t} + \frac{U_d I_d}{\omega L_d}\right) - \frac{\Pi r^2}{\omega^2 L_d L_t}\right]. \tag{26}$$

Dans le cas où l'on néglige la résistance r, ce couple supplémentaire devient lui-même négligeable ; il n'est dû, en effet, qu'à la variation de la force électromotrice interne totale causée par la variation de la chute de potentiel ohmique ; lorsque cette chute n'existe plus, l'induction maximum à laquelle se trouve soumis l'induit dans sa rotation (les champs étant toujours supposés sinusoïdaux) ne dépend évidemment que de la force électromotrice aux bornes et est donc constante quand cette force électromotrice est constante.

En définitive, la correction due à l'hystérésis et aux courants de Foucault est intimement liée à la correction due aux effets de la résistance. Comme, dans les machines usuelles, les pertes par hystérésis et Foucault sont du même ordre de grandeur que la perte par effet Joule, on peut en conclure que les corrections du couple élastique, pour l'une ou l'autre des deux causes précitées, seront également à peu près du même ordre.

On remarquera dans l'expression du couple de la formule (19) et dans l'expression (26) du couple d'hystérésis, que le terme $\frac{\Pi r^2}{\omega^2 L_t L_d}$ est très petit en comparaison des autres, parce que $\frac{r^2}{\omega^2 L_t L_d}$ est un infiniment petit du second ordre, étant donné que l'on considère $\frac{r}{\omega L_t}$ comme infiniment petit du premier ordre.

De même dans la perte par hystérésis, les deux premiers termes de (26) peuvent être considérés comme des infiniment petits du premier ordre et les trois termes suivants comme étant du second ordre. Il est rationnel de s'en tenir aux corrections du premier ordre dans des formules où l'on commence par négliger les déformations du champ magnétique et les harmoniques supérieurs à l'harmonique fondamental dans les ondes de force électromotrice et de courant.

Si l'on fait cette simplification, tout en ajoutant C_H à C dans (19), on obtient l'expression relativement simple du couple synchronisant C corrigé

$$\frac{\omega}{pq} C = \frac{U_t}{\omega L_t}\left[U_t + 2r\left(I + \frac{\nu}{q} U_t\right)\right] + \frac{U_d}{\omega L_d}\left[U_d + 2r\left(I_d + \frac{\nu}{q} U_d\right)\right] + \Pi, \tag{27}$$

ou

$$\frac{\omega}{pq} C = V_t\frac{U_t}{\omega L_t} + V_d\frac{U_d}{\omega L_d} + \Pi. \tag{27 bis}$$

(1) Le coefficient ν doit tenir compte, d'autre part, du coefficient d'enroulement du bobinage.

Digitized by Google

en posant les simplifications d'écriture

$$V_t = U_t + 2r\left(I_t + \frac{\nu}{q} U_t\right),$$

$$V_d = U_d + 2r\left(I_d + \frac{\nu}{q} U_d\right).$$

Cette expression est comparable à l'équation (13) établie pour le cas de pertes supposées négligeables. Elle a l'avantage de grouper les effets correctifs de la résistance et de l'hystérésis et Foucault dans deux termes simples

$$2r\left(I_t + \frac{\nu}{q} U_t\right) \quad \text{et} \quad 2r\left(I_d + \frac{\nu}{q} U_d\right).$$

On remarquera d'ailleurs que le coefficient ν ayant la dimension physique de l'inverse d'une résistance, le produit νU est bien homogène à une intensité de courant ; les effets de l'hystérésis et Foucault sont ainsi équivalents à une variation de courant dans l'induit produisant une chute de tension supplémentaire.

L'équation (27) peut s'appliquer très facilement au cas de la théorie de Joubert, d'une part, en remarquant que dans cette théorie les deux coefficients L_t et L_d sont égaux

$$L_t = L_d = L.$$

et, d'autre part, en utilisant les deux identités suivantes, indépendantes de la théorie envisagée et dans lesquelles φ est le déphasage du courant par rapport à la tension aux bornes :

$$U_t I_t + U_d I_d = UI \cos\varphi; \quad \Pi = UI \sin\varphi.$$

L'expression (27) deviendrait ainsi simplement

$$(28) \quad \frac{\omega}{pq} C = \frac{U}{\omega L}\left[U + 2r\left(I\cos\varphi + \frac{\nu}{q} U\right)\right] + UI\sin\varphi.$$

Cette expression (28) ne diffère des expressions établies plus haut que par l'addition du terme correctif $2r\left(I\cos\varphi + \frac{\nu}{q} U\right)$. On voit combien est facile le passage de la théorie ancienne à la théorie des deux réactions et inversement.

A. Blondel,
Ingénieur en chef
des Ponts et Chaussées.

Revues, analyses et informations

L'importance du coefficient de self-induction (1).

Le coefficient de self-induction d'une bobine à noyau de fer n'est pas toujours égal, en pratique, à la valeur qui serait donnée par l'équation de définition.

$$E_s = \omega LT.$$

En réalité, ceci n'est vrai que lorsque le courant et la tension ont une forme sinusoïdale. La définition générale serait la suivante : « le coefficient de self-induction d'une bobine est un coefficient qui, multiplié par la variation du courant dans l'unité de temps, donne la tension induite produite par cette variation. » Et la formule exacte serait

$$e_s = -L\frac{di}{dt}.$$

Il résulte de ceci que, pour les bobines à noyau de fer, le coefficient de self induction est variable et a pour valeur

$$L = \frac{d\Sigma(\Phi N)\,10^{-8}}{di}.$$

c'est-à-dire qu'il n'est pas autre chose que la tangente de l'angle de la courbe d'hystérésis au point de saturation du fer à l'instant considéré. Pour le mesurer, il faut donc tenir compte de la forme des courbes de la tension et du courant et faire intervenir les coefficients : α, facteur de forme, ou rapport de la valeur efficace de la tension à la valeur moyenne de la tension et β, facteur d'amplitude, ou rapport de la valeur maximum du courant à la valeur efficace du courant.

Dans ces conditions, on voit que la force électromotrice de self-induction E_s a réellement pour valeur

$$E_s = \frac{2}{\pi}\alpha\beta\omega LI,$$

en donnant à L la valeur de la tangente à la courbe d'hystérésis au point correspondant à la tension appliquée. Cette correction est importante, car la forme de la tension et du courant n'est sinusoïdale que pour des inductions faibles, et pour des inductions un peu élevées la différence entre la valeur réelle et la valeur théorique du coefficient de self-induction est très sensible.

J. C.

(1) F. Brillé *Elektrotechnik und Maschinenbau*, 7 août 1921, t. xxxix, p. 391-394, 3 000 mots.

ERRATUM

Dans l'article de M. A. Dagory, « Applications de la métallisation par le procédé Schoop aux installations de transmission d'énergie » publié dans la « R. G. E » du 29 juillet 1922, t. xii, p. 140-53, une mauvaise interprétation du manuscrit nous a fait écrire « Ateliers de Valence ». Il faut lire, « Ateliers de Talence », Talence étant situé aux environs de Bordeaux.

Digitized by Google

SECTION INDUSTRIELLE

Du régime de fonctionnement électrique des lampes au tungstène à atmosphère gazeuse

L'auteur continue, dans cet article, une étude déjà faite sur les lampes à incandescence à filament de tungstène dans une atmosphère d'argon. Il envisage, cette fois, les lampes à ampoule claire d'une intensité lumineuse allant de 100 à 1 000 bougies décimales ainsi que les lampes de même construction intérieure mais pourvues d'une ampoule opaline. Il détermine les principales caractéristiques photométriques de ces lampes et établit une formule exprimant l'intensité lumineuse en fonction de la consommation.

I. **Définitions et mesures électriques et optiques.** — Nous avons, dans la « Revue générale de l'Électricité » du 10 mai 1919, t. v, p. 683, exposé les résultats de nos essais sur les lampes au tungstène à atmosphère d'argon, pour de faibles intensités lumineuses, 25, 32 et 50 bougies décimales. Nous avons, récemment, complété notre étude par l'examen des lampes, à ampoule claire, d'intensité lumineuse plus élevée : 100, 200, 400, 600 et 1 000 bougies décimales, à atmosphère d'argon jusqu'à 100 bougies inclusivement, et d'azote, au delà : et de lampes d'un modèle nouveau, à ampoule opaline, dites « argenta » ; toutes ces lampes sont du type Philips, comme celles précédemment étudiées.

Nous avons déterminé, pour toutes ces lampes, la caractéristique électrique, l'intensité lumineuse horizontale, l'intensité moyenne sphérique, d'où nous avons déduit le coefficient de réduction sphérique, le coefficient caractéristique, la consommation spécifique par bougie sphérique, et enfin nous avons établi une formule qui lie cette consommation à l'intensité lumineuse. Des graphiques traduisent nos résultats.

Le relevé des caractéristiques a été fait en évaluant l'intensité du courant d'alimentation sous divers régimes de tension aux bornes de la lampe et avec le courant continu, à l'aide d'un ampèremètre Meylan-d'Arsonval (1) vérifié et contrôlé, et permettant d'obtenir aisément 0,0025 A et la tension avec un voltmètre du même type, donnant 0,5 V. Pour obtenir des résultats plus précis, nous disposions un rhéostat de réglage entre la prise de courant et le dispositif habituel : ampèremètre, lampe à essayer, voltmètre ; à chaque mesure, le rhéostat était réglé pour pouvoir lire un nombre exact de volts ou de demi-volts (l'approximation étant alors de 2,5 m A pour l'intensité et la tension étant lue exactement).

(1) De la Compagnie pour la Fabrication des Compteurs et Matériel d'Usines à gaz.

Les mesures d'intensités lumineuses étaient obtenues au photomètre de Lummer et Brodhun (1) (à écran optique, et prisme à double réflexion) qui permet la comparaison des deux champs lumineux elliptiques concentriques fournis par les deux sources disposées de chaque côté de l'écran en porcelaine et perpendiculairement à cet écran, ces champs elliptiques étant dus à la combinaison de deux prismes à faces hypoténuses sphériques, se touchant par un petit cercle commun à ces faces ; les rayons de l'une des sources traversent l'un des prismes sans réfraction ni réflexion, et l'on obtient un champ elliptique sur la face hypoténuse, éclairée uniformément, du second prisme ; le prisme à double réflexion permet d'observer les deux champs, dont la ligne de démarcation disparaît à l'égalité d'éclairement. L, U, d', d étant respectivement l'intensité lumineuse horizontale de la lampe essayée, celle de la lampe-étalon, et les distances correspondantes de ces sources à l'écran, on obtenait L par l'expression connue

$$L = U \times \left(\frac{d'}{d}\right)^2,$$

qui traduit l'égalité d'éclairement des deux plages elliptiques.

Dans toutes nos mesures optiques, les résultats ont pu être fournis à 2 pour 100 près en moyenne ; et chaque essai a été recommencé au moins trois fois, à quelques jours d'intervalle et en chambre noire naturellement.

Ce photomètre est pourvu d'un cercle gradué en 360° pour permettre les essais sous diverses incidences ; les appareils étaient portés par un banc en fonte de 3 m, avec règle graduée en millimètres.

II. **Caractéristiques.** — Elles sont relevées en portant en abscisses, les ampères I à l'échelle de 1 mm pour 2 centiampères, et en ordonnées, les volts E à l'échelle de 1 mm pour 2 V ; la tension a été poussée

(1) De la maison Ph. Pellin, successeur de J. Duboscq.

Digitized by Google

un peu au delà de sa valeur normale (celle pour laquelle la lampe donne l'intensité horizontale maximum nominale, ou à très peu près).

Voici les résultats, à titre d'exemple, fournis par une lampe claire de 100 bd indiquées (tension normale, 120 v)

E, en volts.....	15	25	35	45	50	59	100	106	110	115	118	120
I, en ampères...	0,2250	0,2625	0,3125	0,3500	0,3625	0,4000	0,5000	0,5250	0,5333	0,5500	0,5625	0,5700

et ceux qu'a donnés une lampe d'une puissance lumineuse nominale de 600 bd, sous sa tension normale de 115,5 v.

E, en volts...	7,5	10	54	60	70	79	80	93	104	115,5	116
I en ampères.	0,7125	0,7665	1,7000	1,8000	1,9500	2,0875	2,1000	2,2875	2,4333	2,5690	2,5750

Les courbes de la figure 1 reproduisent les caractéristiques des neuf types étudiés; elles montrent que :

1° Le coefficient angulaire croît, d'abord rapidement, jusqu'à la tension pour laquelle le filament commence à rougir; ensuite, il croît moins vite. Les tensions auxquelles le filament rougit et qui sont d'autant plus faibles que l'intensité lumineuse normale est plus élevée, sont indiquées ci-dessous, en volts

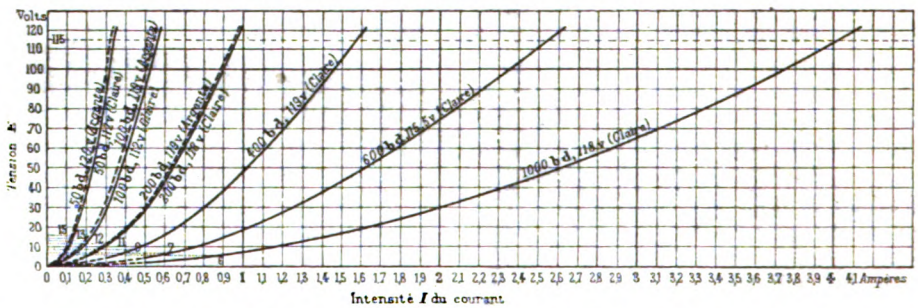


Fig. 1. — Courbes caractéristiques de différentes lampes au tungstène à atmosphère gazeuse.

50 argenta	50 claire	100 argenta	100 claire	200 argenta	200 claire	400 claire	600 claire	1 000 claire
15	13	12	12	11	10	9	7	6

2° Le coefficient angulaire est d'autant plus élevé, pour une tension donnée, que le filament est plus fin, c'est-à-dire que l'intensité lumineuse est plus faible;

3° Pour des lampes de même intensité lumineuse, le coefficient angulaire est d'autant plus grand que la tension normale est plus élevée; (remarquer, sur la figure 1, le relèvement des caractéristiques des lampes *argenta*, en pointillé par rapport à celles des lampes claires, de même intensité nominale, mais de tension normale plus faible);

4° Le coefficient angulaire de la courbe d'un même filament, après quelques heures de fonctionnement sous tension normale, diminue légèrement (remarque faite antérieurement avec nos types de 25, 32 et 50 bd, et qui se vérifie avec les types plus puissants).

Sur courant alternatif, les caractéristiques sont légèrement relevées; mais l'écart est très faible, même avec les types de grande intensité lumineuse; nous en avons donné la raison dans notre première étude (*R. G. E.* du 10 mai 1919).

III. **Intensités lumineuses horizontales.** — Nous avons pris, pour étalon de lumière, une lampe claire Philips (donc, de même couleur) dont les caractéristiques avaient été antérieurement établies. Comme la tension sur le réseau variait d'une mesure à une autre

Digitized by Google

(selon que le courant était fourni par les génératrices en charge à la station centrale de l'Ecole (1), ou par la batterie d'accumulateurs seule), nous avions dressé, à priori, le tableau des intensités lumineuses horizontales maxima de la lampe-étalon (de 50 bd sous 120 v, tension normale), pour chacune des tensions de régime pendant les mesures. Avec la lampe de 50 bd (claire), nous avons ainsi étalonné les lampes d'intensités voisines : 50 bd (argenta), laquelle a servi dans la suite à étalonner les lampes de 100 bd (argenta) et de 200 bd (argenta); puis 100 bd (claire), qui a permis d'étalonner la lampe de 200 bd (claire), et ainsi de suite. Nous verrons plus loin que cette façon d'opérer donne une meilleure approximation dans les résultats, sans compter que l'œil apprécie plus aisément les éclairements dus à des flux lumineux de grandeurs voisines. La source étalon étant maintenue sous tension constante (et repérée au voltmètre), nous faisions varier la tension aux bornes de la lampe essayée, à l'aide d'un rhéostat, de manière à photométrer la source en question sous deux tensions, voisines de la tension normale; nous adoptions, comme tension normale, celle qui fournissait l'intensité lumineuse horizontale maximum L_h la plus voisine de l'intensité nominale.

Exemple d'une mesure : la distance entre les deux sources, $d + d' = 1$ m, demeurait constante; on déplaçait le photomètre sur le banc pour obtenir l'égalité d'éclairement. La lampe essayée était une lampe claire de 100 bd indiquées; l'étalon, dont la formule électrooptique

$$L_h = A E^m,$$

a été déterminée dans nos précédentes recherches et vaut

$$L_h = 2{,}89 \times 10^{-4} \times E^{2{,}52},$$

donnait exactement, à 120 v, $L_h = 50{,}17$ bd, on a trouvé pour $E = 110$ v (aux bornes de la lampe essayée), $d = 43{,}25$ cm et $d' = 56{,}75$ cm; d'où

$$L_{110} = L' \times \left(\frac{d'}{d}\right)^2 = 50{,}17 \times \left(\frac{56{,}75}{43{,}25}\right)^2 = 86{,}3 \text{ bd};$$

et pour $E_1 = 120$ v aux bornes de la lampe essayée, $d_1 = 41{,}4$ cm et $d'_1 = 58{,}6$ cm, d'où

$$L_{120} = L' \times \left(\frac{d'_1}{d_1}\right)^2 = 50{,}17 \times \left(\frac{58{,}6}{41{,}4}\right)^2 = 100{,}3 \text{ bd}.$$

Cette lampe servant ensuite à étalonner celle de 200 bd indiquées (claire), il était nécessaire, au préalable, de déterminer la formule habituelle $L_h = AE^m$ pour la lampe de 100 bd et, ensuite, pour toutes les autres.

Nous exposons, dans le tableau ci-après, les formules relatives à chaque lampe essayée, avec l'indication de la tension normale correspondante, et de l'intensité lumineuse maxima obtenue sous cette tension (c'est-à-dire la valeur normale de L_h).

TYPES DE LAMPES (N°s)			FORMULE DE L_h	TENSION NORMALE calculée en volts	L_h (NORMALE) calculée en bd
ampoule claire	argon	50 bd, 115—120 v...	$2{,}89 \times 10^{-4} \times E^{2{,}52}$	120	50
		100 id ...	$2{,}54 \times 10^{-2} \times E^{1{,}73}$	120	100,3
	azote	200 bd, id ..	$2{,}29 \times 10^{-3} \times E^{2{,}18}$	119	199,5
		400 id . .	$2{,}24 \times 10^{-4} \times E^{2{,}61}$	119	396
		600 bd, 115 v	$3{,}51 \times 10^{-4} \times E^{2{,}62}$	115,5	595
		1 000 id ...	$7{,}50 \times 10^{-5} \times E^{2{,}45}$	116	994
ampoule opalisée (argenta)	argon	50 110—115 v...	$7{,}67 \times 10^{-8} \times E^{3{,}81}$	112	39,25
		100 id . .	$2{,}04 \times 10^{-5} \times E^{3{,}22}$	112	83,25
	azote :	200 115—120 v...	$2{,}78 \times 10^{-7} \times E^{3{,}85}$	118	173,75

Dans chaque catégorie de lampes, m caractérise assez bien l'intensité lumineuse, à tension égale, sa valeur croît, en général, avec cette intensité ; les anomalies à cette règle, ne provenant que des différences de pureté du tungstène du filament, comme nous l'avons observé déjà antérieurement.

Remarque. — Nous avons dit que l'on obtient une meilleure approximation dans les résultats en comparant 2 sources d'intensités lumineuses très voisines.

Si, en effet, nous comparons 2 lampes (50 bd et 200 bd) directement, nous avons, pour l'égalité d'éclairement

$$\left(\frac{d}{d'}\right)^2 = \frac{200}{50} = 4; \quad \text{d'où} \quad d' = 2d,$$

et, puisque $d + d' = 100$ cm, $d = 33{,}3$ cm ; si la lampe 200 bd est poussée à 210 bd, on aura pour l'égalité d'éclairement

$$\left(\frac{d'_1}{d_1}\right)^2 = \frac{210}{50}; \quad \text{d'où} \quad d'_1 = 2{,}05\, d_1;$$

et $d_1 = 34{,}8$ cm ; le déplacement du photomètre, d'une

(1) Arts et Métiers, de Lille.

Digitized by Google

mesure à l'autre, est de : $d - d_1 = 0{,}5$ cm Un calcul analogue, dans le cas où l'on compare 100 bd et 200 bd, nous donne, successivement, $d = 41{,}5$ cm ; $d_1 = 40{,}8$ cm ; d'où : $d - d_1 = 0{,}7$ cm ; on conçoit que le réglage sera obtenu avec une meilleure approximation, puisque, si ce réglage est accompagné d'une incertitude de 1 mm, par exemple, l'erreur relative sera de $\frac{1}{5}$ dans le premier cas, et de $\frac{1}{7}$, dans le second.

Cas des lampes argenta. — De l'examen du tableau précédent il résulte que le globe opalin des lampes « argenta » absorbe une quantité de lumière assez faible ; la perte d'intensité lumineuse horizontale vaut, en effet,

$$\frac{50 - 39{,}25}{25},$$

soit 22 pour 100 (type 50 bd) et

$$\frac{100 - 83{,}25}{100},$$

soit 17 pour 100 environ, avec le type 100 bd ; enfin, $\frac{200 - 173{,}75}{200}$, soit tout près de 13 pour 100, avec le type 200 bd. A l'œil nu, le globe paraît uniformément éclairé à cause de la diffusion de la lumière par l'ampoule ; l'éclat est très vif et la lumière d'un blanc éblouissant ; au verre noir, on distingue nettement le filament au rouge. Les mesures optiques donnent, comme avec les lampes à ampoule claire, une intensité horizontale maximum et une distribution du flux lumineux irrégulière (voir plus loin). Le spectre fourni par les lampes argenta est un peu plus étendu dans le violet et un peu moins dans le bleu, que celui des lampes à ampoule claire ; ces lampes, riches en radiations sélectives, conviennent parfaitement pour l'éclairage des laboratoires et pour la photographie.

IV. Flux lumineux; intensité moyenne sphérique. — La distribution du flux lumineux autour de la lampe dépend de la forme du filament à l'incandescence. Dans ces lampes, comme d'ailleurs dans toutes celles qui fonctionnent en atmosphère gazeuse, le filament est une hélice de fil de tungstène, à spires serrées, tendue entre les 2 cordons-électrodes et soutenue à intervalles réguliers par des crochets ; on obtient ainsi une ligne polygonale régulière, non complètement fermée, dont les côtés au nombre de 5, 6 ou 8 sont dans un même plan perpendiculaire à l'axe de l'ampoule, dans les lampes non encore essayées. Mais, au bout de quelques heures d'incandescence, cette ligne s'incurve (cas d'un filament mince, lampes de 50 à 400 bd), en présentant l'aspect d'une chaînette. Dans les lampes à filament plus gros (600 à 1 000 bd), la ligne incandescente demeure dans un même plan. On comprend, dès lors, que la distribution du flux ne soit pas la même dans les deux catégories de lampes.

a) Lampes de 50 a 400 bougies décimales. — Le flux est plus intense dans la parties de l'ampoule opposée au culot (ζ ; fig. 2) ; dans le plan équatorial de l'ampoule (OH), l'intensité horizontale, maximum du côté vers lequel s'étend le filament, est moindre que dans la région ζ

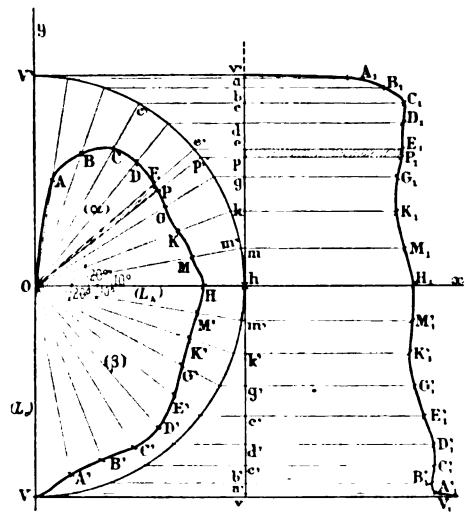


Fig. 2. Courbe polaire valable pour lampes au tunsgtène à atmosphère gazeuse de 50 à 400 bd.

quelques boucles de la chaînette étant masquées par celles qui sont plus en avant du côté le mieux éclairé ; enfin, dans la région du culot (χ), l'intensité est moindre en général. En portant, sur des rayons inclinés de 10° autour du centre O de la source et à l'échelle de 2,75 bd par millimètre, les intensités lumineuses relevées sous ces angles, on obtient le graphique de la figure 2, où l'on a $OH = L_h$ (intensité horizontale maximum) et $OV = L_v$, intensité verticale (intensité maximum de la lampe).

Décrivons la sphère de rayon OV et prolongeons jusqu'à sa surface, dans le plan méridien VOHV' les vecteurs OM, OC, etc. des intensités lumineuses ; projetons les points d'intersection (m', c') sur la perpendiculaire v'v à OH et portons à partir des points-projections m, c, etc., les vecteurs-intensités correspondants : $cE_1 = OE$, par exemple ; nous obtenons une série de points A_1, B_1, C_1, M_1, V_1 que nous joignons d'un trait continu ; on sait que l'aire comprise entre cette courbe et la perpendiculaire v'v représente, à un facteur près, le flux lumineux de la lampe. Ce flux vaut, en effet, $F = \int df$, df étant le flux élémentaire dans l'angle solide infinitésimal EOP, par exemple ; ce flux élémentaire, à travers la surface de la zone c'p', est tel que $df =$ intensité lumineuse OE $\times$ surface zône c'p' ; car l'intensité lumineuse peut être considérée comme égale à OE dans tout l'angle solide infinitésimal. Soit, donc,

$$df = OE \times 2\pi OV \times ep;$$

Digitized by Google

d'où

$$F = \int df = 2\pi OV \int OE \times ep;$$

Mais nous avons, par construction, $OE \times ep = eE_1 \times ep$ (surface élémentaire hachurée) ; d'où

$$\int OE \times ep = \text{aire } v'A_1H_1V_1v, \text{ aire égale à } T.$$

Le flux total sera

$$F = 2\pi OV \times T.$$

L'intensité moyenne sphérique est, par définition,

$$L_s = \frac{F}{\text{surf. sphère OV}} = \frac{2\pi OV \times T}{4\pi OV^2};$$

ou encore,

$$L_s = \frac{T}{2OV} = \frac{T}{2L_v}.$$

En évaluant l'aire T (somme des trapèzes élémentaires tels que $c C_1 D_1$), un simple calcul fournira L_s.

Le diagramme Rousseau de la figure a été obtenu avec une lampe de 100 bd indiquées (ampoule claire) ; on a trouvé, avec le photomètre, $L_h = 100{,}3$ bd, $L_v = 125{,}3$ bd ; on en déduit : $T = 3\,300$ mm². Comme, d'après l'échelle choisie, on a $OV = L_v = 46{,}25$ mm, on tire de là

$$L_s = \frac{3\,300}{2 \times 46{,}25} = 35{,}7 \text{ mm},$$

ou, en bougies décimales, $35{,}7 \times 2{,}75 = 98{,}18$ bd.

Le coefficient de réduction sphérique est

$$\frac{L_s}{L_h} = \frac{98{,}18}{100{,}3} = 0{,}978;$$

nous prendrons : 0,98. Ce coefficient s'applique donc aux lampes de : 50, 100, 200, 400 bd (ampoules claires ou opalines.)

b) Lampes de 600 à 1 000 bougies décimales. — Le filament se maintenant dans un plan horizontal pendant l'incandescence, l'intensité lumineuse est augmentée dans la région du culot (α), (fig. 3) ; par contre, elle est diminuée dans le sens horizontal OH, mais reste toujours plus intense et plus régulière dans la partie opposée au culot (β) ; le diagramme de la figure 3 est celui d'une lampe de 600 bd (nominales), à ampoule claire, à l'échelle de 1 mm pour 17,25 bd ; nous avons obtenu $OH = 595$ bd et $OV = 798$ bd ; d'ailleurs, T (aire $v'A_1V_1v$) correspond à 3 338 mm² ; d'où

$$L_s = \frac{T}{2OV} = \frac{3\,338}{2 \times 46{,}25},$$

car OV est égal à 46,25 mm à l'échelle indiquée, d'où $L_s = 36$ mm, ou, en bougies décimales,

$$36 \times 17{,}25 = 621 \text{ bd.}$$

Le coefficient de réduction sphérique devient

$$\frac{L_s}{L_h} = \frac{621}{595} = 1{,}04;$$

il s'applique aussi à la lampe de 1 000 bd qui a un filament incandescent de même forme. La portion de

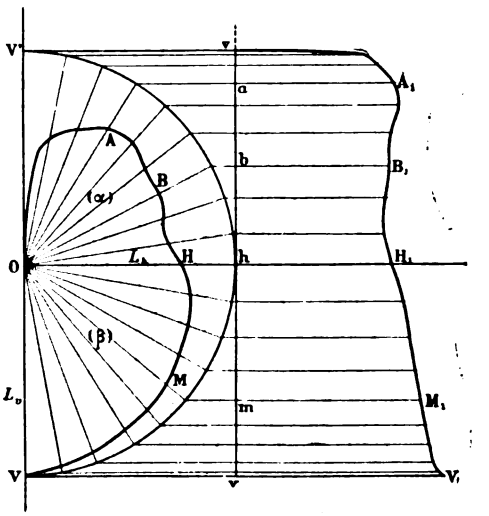


Fig. 3. — Courbe polaire valable pour lampes au tungstène à atmosphère gazeuse de 600 à 1 000 bd.

courbe au-dessous de l'horizon est analogue à celle que donne le filament de la lampe Nernst.

V. **Coefficient caractéristique.** — Nous avons donné ce nom au quotient $\frac{R_n}{R_0}$, de la résistance normale R_n du filament, à l'incandescence sous la tension normale, à la résistance à 0°. La résistance R_n s'obtient immédiatement par le quotient $\frac{E}{I}$ des valeurs de E et I correspondant à l'intensité lumineuse horizontale normale ; au pont de Wheatstone, nous avons mesuré la résistance R_t à la température du laboratoire ; nous l'avons ramenée ensuite à 0°, connaissant le coefficient de température, 0,0054, du tungstène pur, que nous avons déterminé en 1918.

Exemple de mesures. — Soit la lampe de 200 bd nominales, à ampoule claire ; tension normale, 119 v ; intensité du courant correspondante, 0,97 a ; on en déduit pour cette lampe.

$$R_n = \frac{119}{0{,}97} = 122{,}68 \text{ ohms};$$

au pont de Wheatstone et à la température de 16°C

Digitized by Google

du laboratoire, nous avons trouvé : $R_{16} = 8{,}91$ ohms ; à 0°, on a

$$R_0 = \frac{8{,}91}{1 + 16 \times 0{,}0054} = 8{,}20 \text{ ohms};$$

d'où pour le coefficient caractéristique,

$$\frac{R_n}{R_0} = \frac{122{,}68}{8{,}20} = 14{,}96;$$

nous prendrons 15 (valeur exacte à moins de $\frac{1}{10}$ près).

Le tableau suivant donne les valeurs de R_n, R_t et R_0 ainsi obtenues avec les 9 types de lampes étudiés, et au bout de vingt-cinq à trente heures de fonctionnement :

INTENSITÉ DES LAMPES en bd	R_t en ohms	R_0 en ohms	R_n en ohms	$\frac{R_n}{R_0}$
50 (claires)	$R_{16} = 25{,}76$	23,71	359,3	15,1
100 id	$R_{13{,}3} = 14{,}77$	13,76	210,5	15,3
200 id	$R_{16} = 8{,}91$	8,20	122,7	15
400 id	$R_{16} = 5{,}12$	4,71	74,2	15,7
000 td	$R_{14} = 3{,}04$	2,82	44,7	15,8
1 600 id	$R_{14} = 1{,}89$	1,76	28,3	16,1
50 (argenta)	$R_{16} = 25{,}11$	23,11	341,5	14,8
100 id	$R_{16} = 14{,}11$	13,04	201,8	15,4
200 id	$R_{16} = 8{,}29$	7,63	119,2	15,6

De l'examen de ce tableau il ressort que, pour des filaments de même intensité lumineuse, le coefficient $\frac{R_n}{R_0}$ prend très sensiblement la même valeur ; et cette valeur croît légèrement, avec l'intensité lumineuse.

N. B. — Cette règle s'applique lorsque les lampes étudiées ont été fabriquées avec des filaments du même métal (c'est-à-dire, préparés à la même époque) ; les quelques anomalies constatées proviennent, précisément, des différences de pureté du tungstène à des époques différentes de fabrication ; cette remarque s'applique aussi aux différences obtenues pour m et A dans la formule électro-optique.

On a vu, antérieurement (*R. G. E.*, du 10 mai 1918), que, après 500 h de fonctionnement, les valeurs de $\frac{R_n}{R_0}$, après avoir passé par un minimum (dont nous avons donné la raison), redeviennent très sensiblement égales à celles du début, c'est-à-dire à celles du tableau qui précède.

VI. **Consommation spécifique.** — C'est la puissance électrique consommée par le filament à l'incandescence sous la tension normale, rapportée à l'unité d'intensité lumineuse, horizontale ou sphérique. Si P_n est la puissance en watts dépensée, correspondant, sous la tension normale de E volts, à l'intensité horizontale maximum L_h, et à l'intensité moyenne sphérique L_s, nous pourrons considérer deux coefficients de consommation spécifique

$$w' = \frac{P_n}{L_h} \quad \text{et} \quad w = \frac{P_n}{L_s}.$$

Soit, d'une manière générale, c le coefficient de réduction sphérique ; nous pourrons écrire

$$w = \frac{P_n}{c\,L_h} = \frac{w'}{c}.$$

Pour les lampes de 50 à 400 bd, on a

$$\frac{1}{c} = \frac{1}{0{,}98} = 1{,}02 \; ; \quad \text{d'où} \quad w = 1{,}02\, w'.$$

pour les lampes de 600 à 1 000 bd, nous aurons

$$\frac{1}{c} = \frac{1}{1{,}04} = 0{,}96 \; ; \quad \text{d'où} \quad w = 0{,}96\, w'.$$

a) Calculs. — Nous avons calculé, pour chaque type de lampes, w' à l'aide de $P_n = E \times I$ (fournie par les tableaux des caractéristiques), et de L_h (obtenue au photomètre) et nous en avons déduit w comme nous venons de le montrer.

Le coefficient w seul présente un intérêt pratique ; il se rapporte à L_s, grandeur entrant dans l'expression du flux en lumens : $F_1 = 4\pi L_s$ (flux à travers une sphère de rayon 1 cm, enfermant la source, et dû à une intensité de L_s bd. Le tableau ci-après reproduit les résultats obtenus pour les neuf lampes étudiées :

INTENSITÉ LUMINEUSE DES LAMPES en bd	L_h en bd	P_n en watts	w' en watts par bd	$\frac{1}{c}$	w en watts par bd	L_s en bd	$F_1 = 4\pi L_s$ en lumens
50 (claire)	50	40,08	0,80	1,02	0,82	49	615
100 id	100,3	68,40	0,68		0,70	98,4	1 236
200 id	199,5	115,55	0,58		0,59	195,6	2 457
400 id	396	190,82	0,48		0,49	388	4 873
600 id	595	295,72	0,50	0,96	0,48	621	7 800
1 000 id	994	475,95	0,48		0,46	1 040	13 062
50 (argenta)	39,25	35,73	0,93	1,02	0,95	38,5	483
100 id	83,25	62,16	0,75		0,77	81,6	1 025
200 id	173,75	116,82	0,67		0,68	170,3	2 139

Digitized by Google

b) Courbes et formules. — La figure 4 représente les graphiques des variations de w en fonction de L_s, pour les lampes à ampoule claire (courbe α) et pour les lampes « argenta » (courbe β) ; ces courbes sont tracées à l'échelle de 1 mm pour 10 bd (abscisses) ; et

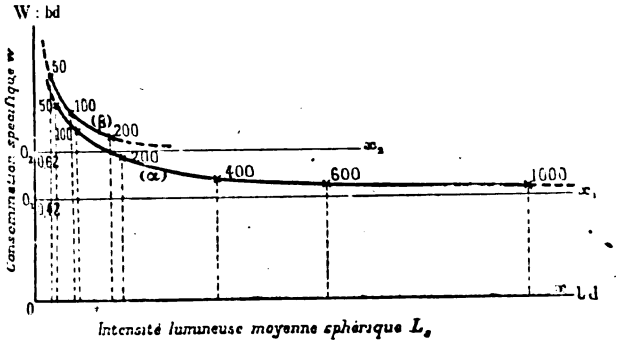


Fig. 4. — Variations de la consommation spécifique, en w : ibd, en fonction de l'intensité moyenne sphérique, L_s, pour lampes à ampoule claire (α) et pour lampes argenta (β).

1 mm pour 2 cw (ordonnées). Nous avons essayé, pour chaque catégorie de lampes, de représenter ces variations par une expression algébrique ; nous avons, d'après l'allure des deux courbes, essayé une formule hyperbolique, telle que

$$w = a + \frac{b}{L_s};$$

l'essai de cette formule nous a incité à adopter un terme correctif, de sorte que l'expression définitive est de la forme

$$w = a + \frac{b}{L_s} + \frac{c}{L_s^2},$$

qui a l'avantage de s'appliquer à toutes les formes de filament et qui montre que la consommation spécifique, pour un filament de nature déterminée et en atmosphère gazeuse, dépend uniquement de l'intensité moyenne sphérique.

1° *Pour les lampes claires*, la formule trouvée est

$$(\alpha) \qquad w = 0{,}42 + \frac{38}{L_s} - \frac{910}{L_s^2};$$

le tableau ci-après permet de comparer les résultats fournis par les mesures à ceux que donne la formule (α) : ils sont très suffisamment concordants.

Lampes en bd	w (mesurés) en watts par bougie décimale	w (calculés) en watts par bougie décimale
50	0.82	0.82
100	0.70	0.71
200	0.59	0.59
400	0.49	0.51
600	0.48	0.48
1 000	0,46	0.46

Les écarts entre les nombres de la même ligne sont du même ordre de grandeur que l'erreur possible qui accompagne l'évaluation de w par la formule $\frac{P_u}{L_s}$, l'intensité L_s étant obtenue à 1 ou 2 pour 100 près, nous l'avons dit déjà. La lampe de 400 bd présente une anomalie ; mais elle est de date plus récente que les autres (1922 au lieu de 1919), et son filament doit être de nature un peu différente.

Cette formule ne s'applique pas aux lampes d'intensité inférieure à 50 b d. La courbe (α) a pour asymptotes l'axe des ordonnées et la parallèle $O_1 x_1$ à l'axe des abscisses menée à la distance OO_1 correspondant à la consommation spécifique limite idéale de 0,42 w : bd.

2° *Pour les lampes argenta* (*ampoule opaline*), la formule qui représente les variations de w en fonction de L_s (fig. 4, courbe β, mêmes échelles), est la suivante :

$$(\beta) \qquad w = 0{,}62 + \frac{9{,}8}{L_s} + \frac{117}{L_s^2};$$

le tableau ci-après montre les résultats très concordants, entre les valeurs mesurées et les valeurs calculées.

Lampes en bd	w (mesurés) en watts par bougie décimale	w (calculés) en watts par bougie décimale
argenta 50	0.95	0.95
argenta 100	0.77	0,77
argenta 200	0,68	0,68

Les asymptotes de la courbe (β), sont l'axe des ordonnées et la parallèle $O_2 x_2$ à l'axe des abscisses, telle que $OO_2 = 0{,}62$ w : bd, qui représente la consommation spécifique limite, idéale, pour cette catégorie de lampes, de même filament, mais dont la loi de variation des intensités lumineuses est nécessairement différente (à cause de l'absorption par l'ampoule).

Remarques. — 1° La forme des filaments des lampes au tungstène en atmosphère gazeuse inerte est *la même*, quelle que soit la marque de fabrication, pour les types d'intensité lumineuse correspondante : les diagrammes polaires des figures 2, 3 s'appliquent donc à toutes ces lampes indistinctement ; les lois de variation de w en fonction de L_s, ont aussi, nécessairement, la même forme ; seules, les constantes des formules doivent varier, selon la pureté du filament (puisque, à intensité lumineuse donnée, la puissance électrique absorbée et, par suite, le coefficient w qui s'en déduit, dépendent de la nature du filament incandescent.

2° On sait que la présence des gaz (argon ou azote) *retarde* l'électrovaporisation du métal du filament ; nous avons signalé ce fait (*R. G. E.*, 10 mai 1919, t. v, p. 683), et indiqué qu'à la 500e heure de fonctionne-

Digitized by Google

ment normal, le filament était dans le même état qu'au début dans les lampes à ampoule claire. Il faut dire que, pour les lampes à ampoule opaline, une partie des radiations émises par le filament étant absorbées par celui ci, ce dernier s'échauffe davantage, et son électrovaporisation est un peu plus active : la durée de ces lampes doit en être réduite d'autant.

H. Pécheux,
Docteur ès sciences, sous-directeur de l'Ecole d'Arts et Métiers de Lille, lauréat de l'Institut.

Compteur O'K wattheuremètre à entretien réduit pour courant continu

Les compteurs à champ tournant (wattheuremètres) jouissant, pour le courant alternatif, de qualités spéciales, l'auteur a cherché à réaliser, pour le courant continu, un wattheuremètre jouissant de qualités équivalentes. A cet effet, il a modifié son compteur ampèreheuremètre bien connu sous le nom de compteur O'K, en lui adjoignant un petit organe chauffant branché sur la tension du réseau, et dont la fonction est de transformer le compteur ampèreheuremètre en wattheuremètre.

I. Infériorité des wattheuremètres à courant continu par rapport aux compteurs à champ tournant à courant alternatif. — Depuis une vingtaine d'années, les compteurs d'énergie électrique à champ tournant ont permis de réduire, dans une large mesure, l'entretien des wattheuremètres à courant alternatif. Cette amélioration est due surtout à la suppression des balais et collecteurs qui dans les anciens compteurs exigent des nettoyages fréquents, c'est-à-dire *au moins* tous les trois ou quatre mois; elle est due aussi au faible poids de l'équipage mobile qui, dans les compteurs à champ tournant, varie de 20 à 70 g, avec un couple-moteur compris entre 2 et 10 g-cm, alors que dans les compteurs Thomson ancien modèle, par exemple, l'équipage mobile pesant 270 g environ possède un couple de 8 g-cm seulement. La légèreté de l'équipage mobile des compteurs à champ tournant, permet donc de réduire, dans une grande mesure, l'usure de la crapaudine de rubis comme celle du pivot d'acier trempé, et diminue les frottements.

Pour le courant continu, les compteurs de quantité sans frein type O'K présentent sensiblement les mêmes avantages que les compteurs à champ tournant, bien qu'ils soient munis de collecteurs, parce que le courant qui traverse l'induit est pratiquement nul, et les étincelles, cause principale de l'encrassement des collecteurs, y sont ainsi évitées, mais ces appareils ne sont admis sur les réseaux parisiens par l'arrêté préfectoral du 8 juin 1909, que jusqu'au calibre de 10 hw inclusivement; pour les calibres supérieurs, les wattheuremètres (généralement du genre Thomson), seuls, sont autorisés,

Dans ces conditions, M. O'Keenan s'est proposé de réaliser un *wattheuremètre* à courant continu jouissant des avantages propres aux compteurs à champ tournant. Il utilisa pour cela les propriétés spéciales de son ampèreheuremètre, bien connu sous le nom de compteur O'K, aujourd'hui très répandu (1).

(1) 600 000 de ces appareils sont actuellement en fonction.

Le résultat désiré a pu être obtenu par la simple adjonction au compteur O'K ordinaire d'un organe spécial qui transforme l'ampèreheuremètre en véritable wattheuremètre, tout en laissant intactes les qualités qui sont propres au premier de ces appareils.

II. Rappel du principe du compteur O'K ampèreheuremètre. — Avant d'entrer dans le détail du nouveau wattheuremètre, on se souviendra qu'un compteur O'K (ampèreheuremètre) est constitué par un petit moteur magnéto-électrique dans lequel toutes les précautions techniques sont prises pour éviter les pertes d'énergie par les résistances passives : frottements mécaniques, hystérésis, courants de Foucault, effet Joule ; ce petit moteur M (voir fig. 1) est branché aux extrémités d'un

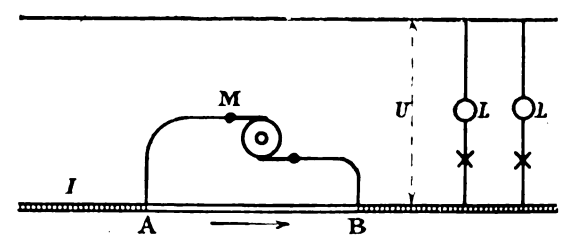


Fig. 1. — Schéma du compteur O'K ampèreheuremètre.

shunt de résistance fixe en manganine qui est parcouru par le courant d'utilisation que l'on veut intégrer.

Dans ce moteur, le rendement électrique $\left(\frac{e}{u}\right)$ est si parfait qu'il atteint couramment 99 pour 100 de l'énergie fournie à ses bornes : il fonctionne ainsi très près du point idéal de réversibilité théorique et, une fois le régime établi, sa vitesse angulaire est proportionnelle à la chute de tension aux bornes du shunt ; l'angle décrit en un temps donné par l'arbre de l'induit, et partant par les aiguilles de la minuterie qui lui est reliée par une vis sans fin, est ainsi proportion-

Digitized by Google

nel à la quantité d'électricité (ampères-heure) qui a traversé le shunt. La chute de potentiel utilisée dans le circuit de l'induit de ce moteur (ampèreheuremètre) est très faible, car elle n'atteint guère que 0,5 v au maximum du débit, tandis que l'on emploie généralement 110 v dans le circuit d'induit des wattheuremètres ordinaires ; de plus, la force contre-électromotrice de l'induit O'K réduit respectivement la chute de tension à la commutation et l'intensité d'induit au $\frac{1}{100}$ de leur valeur ; si on admet que la *puissance de l'étincelle* de rupture, lorsque les balais viennent à se soulever, pour les causes diverses de la pratique, varie à peu près comme la puissance dépensée dans le circuit d'induit au point de rupture du contact, on voit que cette étincelle se trouve réduite, dans cet ampèreheuremètre, à la $\frac{1}{10000}$ partie de la valeur qu'elle aurait si l'on empêchait l'induit de tourner pour annuler sa force électromotrice, ou si on le freinait par un frein énergique à courants de Foucault tel que celui que recommande le Dr Werner-Siemens pour son compteur ampèreheuremètre à frein à courants de Foucault. Si on compare la puissance d'étincelle d'un compteur O'K (environ 0,000008 w), à celle d'un compteur wattheuremètre à courant continu actuellement en usage (environ 3 w dans le fil fin), on voit que cette puissance d'étincelle est environ 375 000 fois plus faible dans le premier de ces compteurs. On peut donc, sans exagération, dire que le compteur O'K est un véritable potentiomètre à réduction automatique à zéro du courant d'induit et de la puissance d'étincelle, et admettre qu'il ne se produit pratiquement pas d'étincelle aux balais, soit pendant la commutation, soit sous l'influence des trépidations de la rue.

Par ailleurs, les légers balais qui appuient sur le collecteur d'or avec une force de pression de l'ordre de 0,5 g environ à l'endroit du contact, produisent un frottement très léger, mais qui suffit cependant à assurer la perpétuité d'un bon contact par le nettoyage automatique du collecteur, et cela sans qu'il soit constaté une usure appréciable des organes frottants même après plusieurs années de fonctionnement.

III. **Description du nouveau wattheuremètre.** — Le nouveau *compteur O'K wattheuremètre* à courant continu (qui est agréé par les arrêtés ministériel et préfectoral) est constitué par un moteur identique à celui du compteur O'K ampèreheuremètre décrit ci-dessus ; le shunt seul est modifié. L'induit M (fig. 2), au lieu d'être branché aux bornes d'un shunt AB parcouru par le courant *I* de l'installation, comme cela est indiqué sur la figure 1, est branché entre deux points C et D faisant partie d'un réseau de conducteurs ABCD disposés dans l'ordre qui est indiqué sur le nouveau schéma (fig. 2).

Dans le réseau de conducteurs ABCD, le fil ACB est monté en dérivation sur le shunt AB parcouru par le courant principal; la branche AC est constituée par un conducteur de résistance peu variable avec la température; au contraire, le fil CB est formé d'un fil de nickel dénommé shuntelet dont la résistance croit rapidement avec la température comme dans le célèbre bolomètre du professeur Langley. Les deux résistances

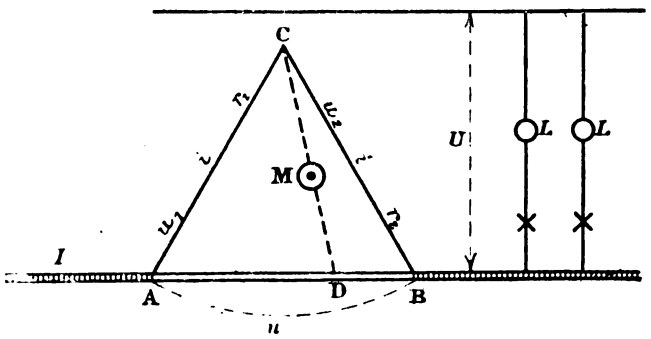


Fig. 2. — Principe du montage de l'induit dans le compteur O'K wattheuremètre.

$AC = r_1$ et $CB = r_2$ sont rendues sensiblement égales par construction lorsque la tension U de la distribution urbaine est normale. Autour du fil de nickel CB (fig. 3) est placé un bobinage H en fil fin de résistance constante, dénommé « chaufferette », qui est enroulé sur un petit tube de mica dont le diamètre est inférieur à celui d'une cigarette et dont la longueur est de 3 cm environ. Ce tube sert à isoler électriquement le

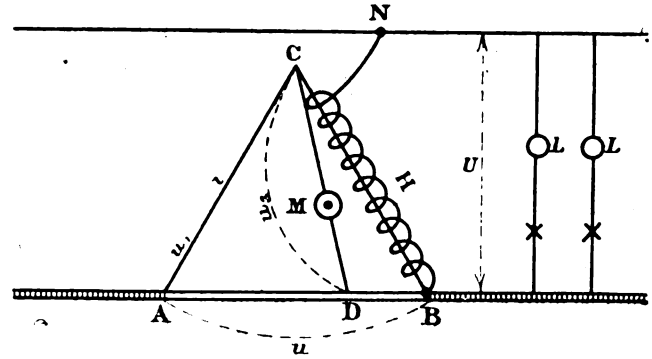


Fig. 3. — Schéma du compteur O'K wattheuremètre.

fil de nickel CB, situé à l'intérieur du tube, du bobinage H situé à l'extérieur. Tout le système est entouré par un cylindre plus grand de mica, du diamètre d'un bouchon de bouteille de Bordeaux qui sert à modérer les pertes de chaleur de la chaufferette par convection et rayonnement. Entre les deux cylindres de mica, on peut intercaler une substance calorifuge légère, ou simplement laisser libre l'espace d'air.

Le bobinage H est branché entre les pôles N et B de l'installation de façon à ce qu'il soit parcouru par un très faible courant de potentiel proportionnel à la tension U du réseau de distribution. La chaufferette et le fil de nickel sont ainsi portés à une température voisine de 150° C pour la tension normale du réseau

Digitized by Google

urbain; cette température est relativement modérée vis-à-vis de celles que peuvent supporter, sans détérioration, les métaux intéressés qui sont inoxydables et dont le point de fusion dépasse largement 1 000° C. Au moment de la fabrication, la chaufferette est d'ailleurs soumise à l'épreuve d'une tension double de la tension normale de fonctionnement, ce qui correspond à une température de 600° C environ.

La pratique montre que des compteurs mis en observation avant la guerre et qui n'ont pas cessé de fonctionner depuis sur les réseaux de distribution, ont gardé leurs chaufferettes intactes. La température rayonnée par le bobinage H se trouve, d'autre part, assez atténuée à la surface du cylindre de protection extérieur de mica pour que l'on puisse toucher celui-ci sans risquer de se brûler.

IV. **Il existe dans le réseau ABCD une chute de potentiel u_3 proportionnelle à la puissance dépensée dans l'installation.** — Le réseau ainsi constitué permet, lorsqu'il est en charge, d'obtenir entre le point C et le point D une différence de potentiel u_3 qui est à la fois proportionnelle au courant d'utilisation I et à la tension du réseau U, et partant à leur produit UI ou à la puissance dépensés dans l'installation.

Si l'on branche entre C et D le moteur M, on ne changera pratiquement pas le régime de distribution du réseau ABC, parce que le courant d'induit, de l'ordre du milliampère, est en général si minime vis-à-vis des courants circulant dans les différents bras de ce réseau (de l'ordre de l'ampère), qu'on peut le négliger pour la facilité du raisonnement; d'ailleurs le régime de distribution persisterait même si le courant d'induit n'était pas négligeable, mais la démonstration de ce fait nous entraînerait hors du cadre de cet article. Si donc le moteur M est inséré entre les points C et D, le régime étant établi, la vitesse de l'induit sera proportionnelle à u_3.

Nous allons démontrer pourquoi il en est ainsi.

a) Proportionnalité de la tension u_3 à l'intensité d'utilisation I. — Nous avons dit ci-dessus que la tension u_3 était proportionnelle à l'intensité d'utilisation I; en effet, si l'on considère le réseau ABCD traversé par le courant I, on constate, conformément à la loi d'ohm, différentes chutes de potentiel entre les divers points de ce réseau; en particulier, entre C et D, on observe une chute u_3. Si l'intensité d'utilisation I augmente et devient $I + \Delta I$, toutes choses égales d'ailleurs, chacune des chutes de potentiel, et en particulier u_3, se trouvera multiplié par le rapport $\frac{I + \Delta I}{I}$. Il en résulte que u_3 varie proportionnellement au courant d'utilisation I et que, par suite, la vitesse angulaire de l'induit est bien proportionnelle à I.

b) Proportionnalité de la tension u_3 à la tension U de distribution. — Avant de démontrer cette proposition, nous rappellerons que le courant qui traverse le bras CD et l'induit M pendant la rotation étant pratiquement nul, on peut, sans erreur sensible, n'en pas tenir compte pour la facilité de l'exposition.

Le courant d'utilisation I qui traverse le réseau ABCD se partage donc, d'après la loi des courants dérivés, en raison inverse des résistances des conducteurs AB, ACB, branchés en dérivation entre A et B, points entre lesquels il existe une différence de potentiel u; mais si la tension U du réseau s'accroît, la température θ de la chaufferette s'élève en même temps par augmentation de l'effet Joule; mais il y a aussi accroissement de la température du fil de nickel CB, dont la résistance dans ces conditions augmente, comme nous l'avons dit ci-dessus (III).

Le fil de nickel r_2, est, dans l'appareil industriel, constitué de telle sorte qu'à la tension U du réseau de distribution sa résistance à chaud soit double de sa résistance à froid sans tension. L'on a donc, en vertu de la formule connue de la résistance d'un conducteur en fonction de la température,

$$r_2 = r_0 (1 + \alpha\theta + \beta\theta^2) = 2 r_0,$$

équation dans laquelle les coefficients de température ont pour valeur $\alpha = 0{,}006$ et $\beta = 0{,}0000007$; cette équation de r_2 se réduit à $\beta\theta^2 + \alpha\theta - 1 = 0$, qui a pour racine positive $\theta = 143°$ au-dessus de la température ambiante, à la tension normale U.

Si l'on admet, pour fixer les idées, qu'à la tension U et pour une puissance UI dépensée dans l'installation de l'abonné, le courant dérivé traversant les conducteurs AC, CB, a une valeur i, la chute de tension dans le fil de nickel CB dont la résistance est r_2 sera, selon la loi d'ohm,

$$u_2 = r_2 i.$$

Or, la température θ est proportionnelle au carré du courant qui traverse le fil fin de la chaufferette et par conséquent proportionnelle à U^2 et l'on pourra écrire

$$\theta = K U^2,$$

où K est une constante de construction.

Si la tension augmente de ΔU, la température θ du fil de la chaufferette augmentera de $\Delta\theta = 2 K U \Delta U$ et, par suite, la résistance r_2 du fil de nickel deviendra $\Delta r_2 = r_0 (\alpha + 2\beta\theta) \Delta\theta$, pendant que la chute de potentiel u_2 augmentera de Δu_2. En effet, si r_2 augmente de Δr_2, cette résistance deviendra $r_2 + \Delta r_2$; de plus la résistance A C B $= 2 r_2$ *augmentera de la même quantité* et deviendra $2 r_2 + \Delta r_2$; l'intensité dans A C B qui était primitivement

$$i = \frac{u}{r_1 + r_2} = \frac{u}{2 r_2}$$

deviendra

$$(i + \Delta i) = \frac{u}{2 r_2 + \Delta r_2};$$

Digitized by Google

la différence de potentiel primitive $u_2 = \frac{u}{2}$ aux bornes de CB deviendra donc

$$u_2 + \Delta u_2 = (r_2 + \Delta r_2)\frac{u}{2r_2 + \Delta r_2} = u_2\left[1 + \frac{\Delta r_2}{2r_2 + \Delta r_2}\right],$$

et, si on néglige Δr_2 devant $2r_2$ dans le dernier membre, on aura

$$u_2 + \Delta u_2 = u_2\left[1 + \frac{\Delta r_2}{2r_2}\right]$$

d'où

$$\Delta u_2 = u_2\frac{\Delta r_2}{2r_2};$$

en remplaçant dans cette équation r_2, Δr_2 et $\Delta\theta$ par leurs valeurs calculées plus haut il viendra

$$\Delta u_2 = \frac{u_2}{2}(\alpha + 2\beta\theta)KU\Delta U;$$

En divisant les deux membres par u_2 et en remplaçant K par sa valeur $\frac{\theta'}{U^2}$ on aura

$$\frac{\Delta u_2}{u_2} = \frac{(\alpha + 2\beta\theta)\theta}{2}\cdot\frac{\Delta U}{U} = 0{,}572\,\frac{\Delta U}{U}.$$

Finalement, si pour fixer les idées on admet que $\Delta U = 0{,}05\ U$, il viendra

$$\frac{\Delta U}{U} = \frac{0{,}05\ U}{U} = 0{,}05,$$

et

$$\frac{\Delta u_2}{u_2} = 0{,}572 \times 0{,}05 = 0{,}0286,$$

d'où $\Delta u_2 = 0{,}0286\ u_2$.

Ce résultat montre que, si U augmente ou diminue de 5 pour 100, u_2 augmentera ou diminuera de 2,86 pour 100. Ces chiffres correspondent à la pratique actuelle, mais, pour qu'il y ait proportionnalité entre la tension du réseau et la chute u_2, il faut que les taux de variation de ces quantités soient égaux, c'est-à-dire que l'on ait

$$\frac{\Delta u_2}{u_2} = \frac{\Delta U}{U};$$

or nous venons de voir que l'on a

$$\frac{\Delta u_2}{u_2} < \frac{\Delta U}{U}.$$

Pour rétablir l'égalité, on peut agir indirectement, par exemple en diminuant le dénominateur du premier membre d'une certaine quantité a et l'on a ainsi

$$\frac{\Delta u_2}{u_2 - a} = \frac{\Delta U}{U},$$

ce qui peut s'écrire

$$\frac{0{,}0286\ u_2}{u_2 - a} = \frac{0{,}05\ U}{U}$$

d'où $a = 0{,}43\ u_2$.

Si, au lieu de considérer la chute u_2 en CB, on observe la chute u_3 entre C et un certain point D du shunt AB, on aura en vertu de lois connues $u_3 = u_2 - ku$, où k est une constante et u, la différence de potentiel aux bornes du shunt AB. On en tire

$$\Delta u_3 = \Delta(u_2 - ku) = \Delta u_2.$$

Enfin, si l'on pose $a = ku$, on tire de cette équation la valeur de k qui détermine le point cherché D du shunt, tel que le taux de variation de potentiel entre C et D soit égal au taux de la variation du réseau urbain. On aura ainsi, dans le cas actuel, $k = 0{,}43\,\frac{u_2}{u}$; mais, comme $u_2 = \frac{u}{2}$ par construction à la tension normale, il viendra finalement $k = \frac{0{,}43\,\frac{u}{2}}{u} = 0{,}215$, c'est-à-dire que, si la résistance linéaire du shunt est constante, le point D sera situé aux 0,215 de la longueur du shunt AB à partir du point B (1).

Remarque. — A la théorie ci-dessus, on peut faire l'objection que le courant i dérivé par ACB et traversant CB (qui est en nickel), y produit au bout d'un certain temps, par effet Joule, une augmentation de la résistance r_2 qui fausse les résultats. Quoique l'effet considéré soit très faible, car le courant i est minime et il entre au carré, cet effet existe cependant, mais on le compense facilement en formant le bras AC en un métal de coefficient de température approprié, qui doit être très inférieur à celui du nickel à basse température : le courant i, chauffant à la longue le circuit ACB, y diminue donc l'intensité en proportion de l'augmentation de résistance de CB ; le produit $ir_2 = u_2$ reste constant, et la compensation est ainsi rendue parfaite.

c) *Décalage entre la variation de tension du réseau et celle agissant sur l'appareil.* — Il est à remarquer qu'en général, lorsque la tension U d'un réseau à courant continu varie brusquement de ΔU, puis reste stationnaire à cette nouvelle valeur, les indications des wattheuremètres usuels ne suivent pas instantanément toute la variation, notamment dans les appareils com-

(1) En 1913, notre très regretté collègue et ami M. Delaroche, mort depuis pour la France, a traité d'une façon élégante le même problème sous une forme un peu différente et plus strictement mathématique.

Digitized by Google

pensés pour la température, car il faut au fil fin un certain temps pour se mettre au nouveau régime de température et de résistance ohmique correspondante; un phénomène identique existe avec l'appareil que nous venons de décrire, mais le temps qui s'écoule entre la variation de U et l'établissement du nouveau régime est de peu de durée. Ainsi, lorsque la tension U s'abaisse brusquement de ΔU, la chaufferette se refroidit en suivant presque exactement la loi des vitesses de refroidissement de Newton, d'après laquelle les temps croissant en progression arithmétique les températures décroissent en progression géométrique, et, par suite, la tension u_t de u_3 au temps t s'exprimera par la formule

$$\Delta u_t = u_3 \frac{\Delta U}{U} e^{-\frac{t}{T}}.$$

De même si la tension s'élève brusquement de ΔU la tension instantanée de u_3 sera

$$\Delta U_t = u_3 \frac{\Delta U}{U}\left(1 - e^{-\frac{t}{T}}\right).$$

Dans ces deux formules e représente la base des logarithmes népériens et T, la constante de temps qui est pratiquement de 90 secondes environ, pour une variation brusque de 110 v $\pm$ 5 v, dans le modèle courant pour 15 et 25 hw, et de 30 secondes, ou même moins, dans d'autres modèles. La conformité des courbes de variation aux formules ci-dessus a été constatée par des expériences très concordantes. Les erreurs relatives très faibles que font les compteurs à la hausse et à la baisse de la tension se compensent d'ailleurs presque exactement en pratique, comme l'indique la théorie.

d) L'angle décrit par l'induit du moteur en un temps donné est proportionnel à l'énergie consommée dans l'installation. — Nous venons de voir par (*a*) et (*b*) que la différence de potentiel u_3 entre C et D est rendue à la fois proportionnelle à U et à I; cette différence est donc proportionnelle à leur produit UI; si donc on branche entre C et D le petit moteur M d'un compteur O'K ordinaire, ce moteur prendra une vitesse angulaire de régime proportionnelle à u_3 et, par suite, au produit UI qui représente la puissance dépensée dans l'installation. En totalisant le nombre de révolutions de l'induit au moyen d'une vis sans fin et d'une minuterie, on enregistrera donc directement en hectowatts-heure l'énergie dépensée dans l'installation. Ce genre d'appareil constitue un wattheuremètre extrêmement sensible, car les compteurs O'K du type courant R, démarrent facilement à $\frac{1}{3}$ ou à $\frac{1}{4}$ pour 100 de la charge, même sans le secours d'un « compoundage » et dans le présent appareil ce démarrage est encore rendu plus sensible à l'aide d'un compoundage spécial formé d'un petit élément thermoélectrique constantan-fer chauffé par la « chaufferette » et dont la force électromotrice quasi infinitésimale $\left(\frac{1}{1000}\text{ v environ}\right)$, intercalée dans le circuit CD de l'induit M, est cependant suffisante pour provoquer un couple moteur capable d'équilibrer parfaitement les très légers frottements du système. Ce dispositif permet, lors des épreuves de réception, de séparer totalement les circuits des volts du circuit des ampères, ce qui ne peut être obtenu avec un compoundage ohmique; il permet d'éviter complètement le passage du courant de potentiel dans le réseau du moteur, lequel n'est par conséquent soumis qu'à des chutes de potentiel inférieures à 0,5 v comme dans les compteurs O'K ordinaires.

V. **Données de fonctionnement du wattheuremètre O'K.** — Le wattheuremètre que nous venons de décrire jouit donc des avantages du compteur O'K ampèreheuremètre, puisque son équipage mobile fonctionne dans les mêmes conditions, c'est-à-dire sous très faible tension; son entretien est, par suite, aussi réduit que celui des compteurs alternatifs à champ tournant; l'intensité très grande du champ magnétique dans lequel se meut l'induit, le rend insensible aux champs magnétiques extérieurs, ce qui est particulièrement important dans les usines de distribution; sa sensibilité au démarrage ainsi que son exactitude aux plus faibles charges sont extrêmes, ce qui s'explique par la grandeur de son couple moteur (25 g-cm pour le type de 15 et 25 hw), par la petitesse du diamètre du collecteur (1,8 mm) et par le faible poids de l'induit (79 g); enfin la température ambiante n'a pas d'effet sensible sur l'exactitude de ses indications.

La dépense dans le fil fin de cet appareil est du même ordre que celle des meilleurs compteurs actuels à courant continu (2,7 w par 110 v) et pourrait être réduite de moitié (1,3 w), tout en conservant un couple spécifique encore très élevé (plus de 0,07 g-cm par gramme-masse). Indépendamment du type actuellement employé dans les installations privées, sur les réseaux à courant continu à 110 v, 2 fils, ou 220 v, 2 ou 3 fils, ces compteurs sont également utilisés pour les usines et stations centrales, même pour les plus gros calibres, c'est ainsi qu'il en a été construit pour 9000 kw (18000 A sous 500 v); dans ce cas, la chute de tension maximum aux bornes du shunt ne dépasse pas 0,1 v.

Cet appareil pourrait également trouver son application pour mesurer l'énergie $\left(\int UI\,dt\right)$ effectivement dépensée par la traction électrique, tramways, métropolitains, etc., au lieu et place des compteurs ampèreheuremètres O'K, qui sont actuellement employés presque partout en France dans ces véhicules, mais ne mesurent que la quantité d'électricité dépensée $\left(\int I\,dt\right)$, sans tenir compte de la tension d'utilisation.

VI. **Formes d'exécution de l'appareil.** — Nous terminerons cette note en indiquant quelques formes d'exécution du compteur wattheuremètre O'Keenan que nous venons de décrire et nous donnerons quelques

Digitized by Google

résultats d'étalonnements obtenus à l'usine de fabrication.

La figure 4 représente une vue perspective du compteur wattheuremètre O'K de 15 ou 25 hw, 110 v.

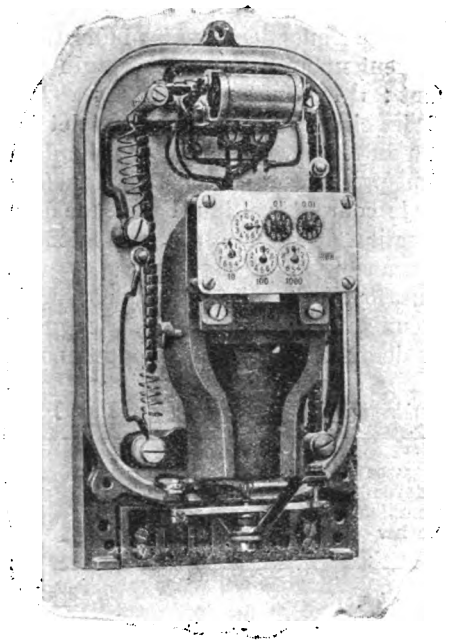


Fig. 4. — Compteur O K wattheuremètre de 15 ou 25 hectowatts. 110 volts.

On voit, à la partie inférieure de la figure au-dessus de la boite à bornes, l'aimant, l'induit et la minuterie qui sont identiques à ceux d'un compteur O'K ampère-heuremètre ; à la partie supérieure, on voit le cylindre

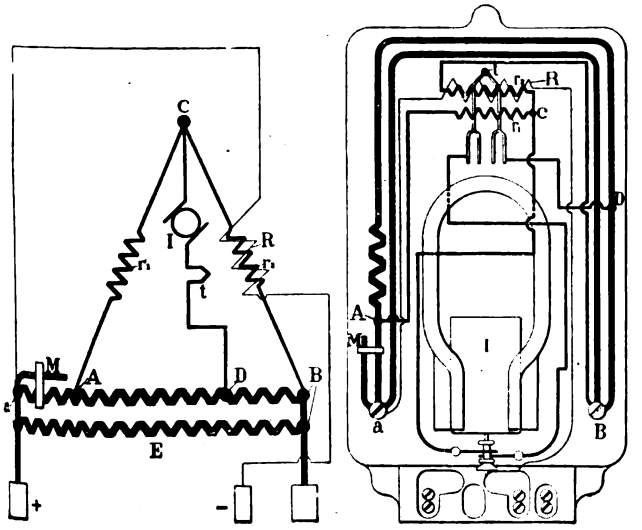


Fig. 5. — Disposition thorique des conducteurs du compteur de la figure 4. Disposition pratique de ces mêmes conduteurs.

de mica de la grosseur d'un bouchon, qui constitue le dispositif nouveau.

La figure 5 représente schématiquement la disposition du réseau de conducteurs du compteur de la

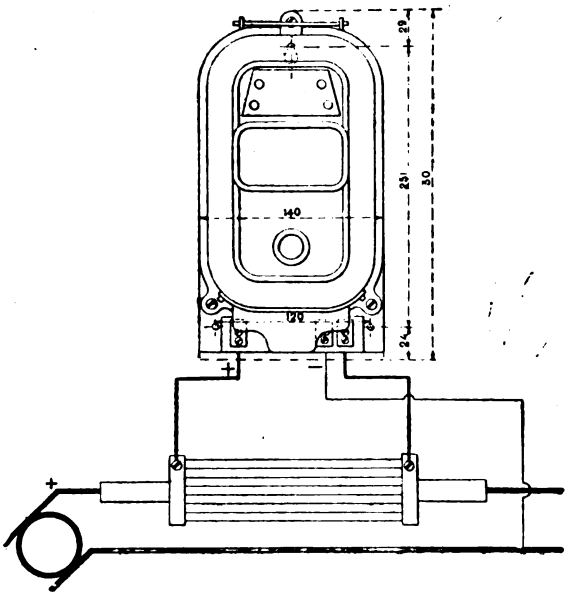


Fig. 7. — Schéma d'un compteur pour usine.

figure 4. Pour la facilité de la construction en série, la Compagnie pour la Fabrication des Compteurs, qui

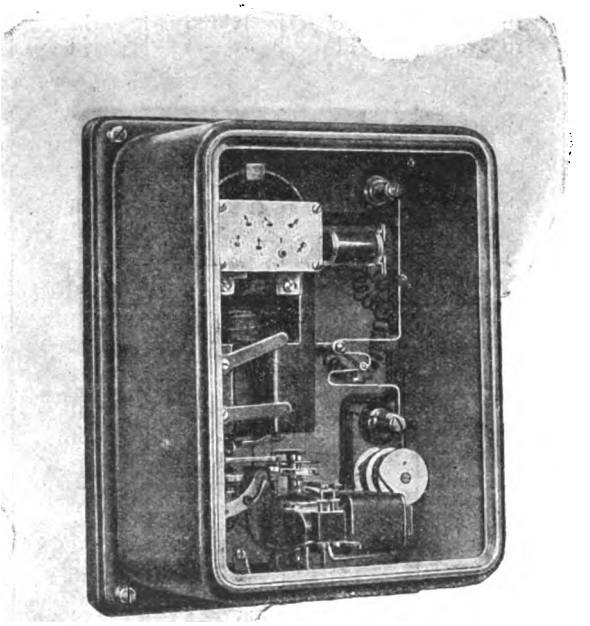


Fig. 8. — Compteur wattheuremètre de fort calibre pour usine.

construit l'appareil, dispose le shunt AB sur lequel est pris le point D, comme cela a été indiqué dans la des-

Digitized by Google

cription ci-dessus (voir § IV), de telle sorte qu'il ne soit pas parcouru par le courant total de l'installation. Ce shunt A B est mis en parallèle avec un second shunt E, et le courant à mesurer traverse simultanément ces deux shunts. Les appareils sont réglés de telle façon qu'il passe toujours 2 A par M A (fig. 5), quel que soit le calibre, au maximum du débit du compteur : par exemple un compteur de 15 hw (15 A, 110 V) laisse passer 2 A par M A et (15 — 2) = 13 A par le shunt E. Pour un compteur de 25 hw (25 A, 110 V) il passera de même 2 A par M A et (25 — 2) = 23 A par E. De cette façon la *construction en série* se trouve simplifiée, car on ne fabrique pour ainsi dire qu'un type unique de compteur de 2 A, qui s'adapte à tous les calibres moyens, par l'emploi de shunts principaux variables, l'excédent d'intensité passant dans le shunt conjugué E.

La figure 6 représente la disposition pratique des shunts dans le compteur au lieu de la disposition schématique de la figure 5.

La figure 7 représente schématiquement un compteur de plus fort calibre : sur le shunt principal est pris une dérivation de 2 A pour alimenter, d'une façon analogue à ce qui a été indiqué ci-dessus, un compteur de 2 A effectifs, dont les indications de minuterie tiennent naturellement compte du courant total traversant : 1° le shunt principal E ; 2° le sous-shunt A B et 3° les circuits dérivés du shuntelet A C, C B et de la tension du réseau. Cette combinaison de shunt et de sous-shunt présente un rapport de transformation qui est, pour le courant continu, l'analogue du rapport de transformation du transformateur d'intensité pour les compteurs à courant alternatif.

La figure 8 représente un compteur de fort calibre tel que ceux que l'on emploie dans les grandes usines centrales de distribution. Nous donnerons à titre d'in-

TABLEAU I. — *Résultats d'essais sur un compteur* O'K *watt-heuremètre d'usine* (fig. 8) *de* 1 000 A *sous* 275 V.

COURANT en ampères	TENSION en volts	PUISSANCE en hw	NOMBRE DE TOURS	TEMPS en secondes	PUISSANCE relevée au compteur en hw	RAPPORTS DES PUISSANCES	MOYENNE DES RAPPORTS	CHARGE DU COMPTEUR
				1° *Essais sous tensions différentes.*				
10 490	250	26 250	30	40,8	26 500	101,1		
10 370	id	25 900	id	41,2	26 200	101,1	101,1	
10 370	300	31 100	id	35,4	30 500	98		
10 310	id	31 000	id	35,6	30 350	98	98	
				2° *Étalonnement sous tension normale de 275 volts.*				
9 980	275	27 400	30	39.6	27 300	99,7		
9 880	id	27 150	id	40.2	26 900	98,9		
9 980	id	27 450	id	39.4	27 400	99.9	99.16	4/4
7 600	id	20 900	id	52	20 800	99.5		
7 560	id	20 800	id	52.2	20 700	99,5		
7 550	id	20 750	id	52.4	20 600	99,25	99,4	3/4
5 000	id	13 750	15	39.8	13 580	98,7		
5 025	id	13 840	id	39.2	13 760	99.3		
4 980	id	13 700	id	39.8	13 580	99.2	99.3	1/2
2 515	id	6 920	10	52,6	6 860	99		
2 500	id	6 875	id	53	6 800	99		
2 505	id	6 900	id	52.8	6 825	99	99	1/4
1 020	id	2 805	3	38.6	2 800	99.8		
1 010	id	2 780	id	39.2	2 755	99,2		
1 010	id	2 780	id	39.2	2 755	99.2	99.6	1/10
488	id	1 340	2	54	1 333	99,6		
490	id	1 348	id	53,8	1 340	99,6		
490	id	1 348	id	53,8	1 340	99,6	99.6	1/20
101.1	id	278	1	130	277	99.7		
100,3	id	276	id	131	275	99.7	99,7	1/100
50,5	id	141.5	1	256,2	140.5	99.2		
50,9	id	140	id	257	140	100	99.6	1/200
25,5	id	70	1	685	52.6	75	75	1/400

Démarrage au 1/600.

Digitized by Google

dication technique un tableau des résultats qui ont été obtenus au laboratoire de l'usine de fabrication sur un compteur de 10 000 A sous 275 V (2 750 kw) de ce type.

On voit qu'avec ce compteur pour une variation de 250 à 300 V, soit 20 pour 100 de variation de tension, l'exactitude ne varie que de 98 à 101 pour 100; le démarrage a été obtenu au $\frac{1}{600}$ de la charge. A la tension moyenne de 275 V cet appareil a donné des indications comprises entre 98,7 pour 100 et 100 pour 100, entre le $\frac{1}{200}$ de la charge et la pleine charge. Ces essais donnent une idée de la sensibilité et de l'exactitude que l'on peut obtenir avec cet appareil.

C. Ed. O'Keenan.

Revues, analyses et informations

Sur les lampes à trois électrodes, anode, cathode et grille intermédiaire, où le courant est transporté par des ions, et leurs applications.

Nous reproduisons ci-dessous une note de M. Maurice Leblanc présentée à la séance du 10 juillet de l'Académie des Sciences (1).

Dans ces lampes, l'espace compris entre l'anode et la cathode ne se charge pas. Une douzaine de volts peuvent alors y faire passer des centaines d'ampères, mais elles ne jouissent pas de toutes les propriétés des lampes à trois électrodes, où le courant est transporté par des électrons, et on doit les utiliser autrement.

La figure 1 représente une lampe à trois électrodes et à vapeur de mercure. Elle se compose d'une ampoule soigneu-

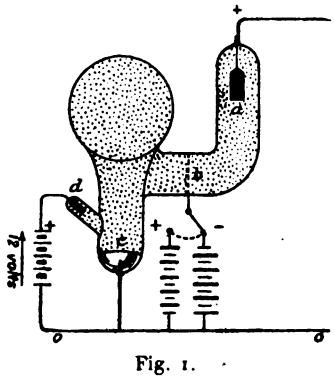


Fig. 1.

sement purgée d'air où sont disposées une anode a en fer ou en charbon, une grille métallique b et une cathode c constituée par un globule de mercure. Une anode auxiliaire d permet de faire jaillir continuellement un arc entre elle et la cathode, afin de maintenir la lampe toujours amorcée.

Un courant ne peut traverser cette lampe qu'en allant de l'anode a à la cathode c.

Si l'on rend la grille d'une de ces lampes négative par rapport à la cathode, pendant qu'un courant passe, la grille se recouvre d'une gaine d'ions positifs : ils annulent l'effet de sa charge et l'on n'interrompt pas le courant, comme il arriverait avec une lampe à électrons. Mais si, en agissant sur le circuit extérieur à la lampe, on interrompt ce courant, pendant un temps qui peut être extrêmement court, la grille étant négative, celle-ci résorbe les ions positifs déposés sur elle et empêche ensuite l'émission d'électrons par la cathode, comme dans une lampe à électrons.

(1) *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 17 juillet 1922, t. CLXXV, p. 132-137.

On ne peut plus rétablir le courant, tant que la grille demeure négative. Il faut, pour cela, rendre sa charge nulle ou positive.

Nous avons constaté ces propriétés en décembre 1915, à la station de la Tour Eiffel. En voici deux applications.

1. Transformation d'un courant continu en courant alternatif de fréquence élevée. — Un circuit (fig. 2) comprend : 1° une source de force électromotrice constante E; 2° une bobine ayant un coefficient de self-induction l s'opposant à

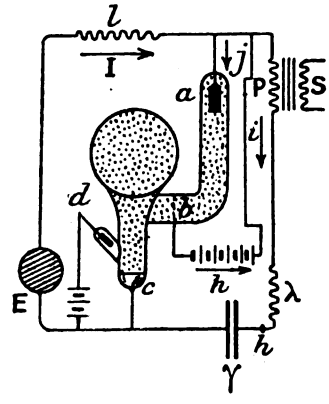


Fig. 2

toute variation appréciable de l'intensité I du courant débité par la source E, pendant la durée d'une période du courant alternatif que l'on veut produire; 3° le circuit primaire P d'un transformateur, dont le circuit secondaire S dessert le réseau d'utilisation; 4° un résonateur composé d'une bobine ayant un coefficient de self-induction λ et d'un condensateur de capacité γ. Entre la sortie de la bobine et l'entrée de la source E, on monte en dérivation une des lampes précédentes maintenue amorcée et l'on relie sa grille à l'anode a par un circuit contenant une source de force électromotrice n.

Supposons la cathode c au potentiel zéro et désignons par h le potentiel à l'entrée du condensateur, par i l'intensité du courant dans la bobine λ et par j celle du courant traversant la lampe. Celle du courant qui ira à la grille sera inappréciable.

Si, une fois le régime établi, l'intensité j s'annule : la grille est alors négative, le courant ne peut se rétablir dans la lampe et le courant d'intensité I va charger le condensateur. Mais, dès que l'on a $h = n$, la grille cesse d'être négative et la lampe met en court circuit le résonateur, dont le courant de décharge oscille, en s'amortissant, avec une fré-

Digitized by Google

quence α peu différente de $\frac{1}{2\pi\sqrt{\lambda\gamma}}$. Si l'énergie $\frac{1}{2}\gamma r^2$ est supérieure à $\frac{EI}{\alpha}$, l'intensité i redevient égale à I : l'intensité j devient nulle, alors que la grille est négative, et le demeure jusqu'à ce que le potentiel h soit redevenu égal à r...

Nous produisons ainsi des ondes entretenues : l'intensité i et le potentiel h varient, comme le montrent les courbes de la figure 3.

Les ondes positives ont leur crête arasée, mais elles sont

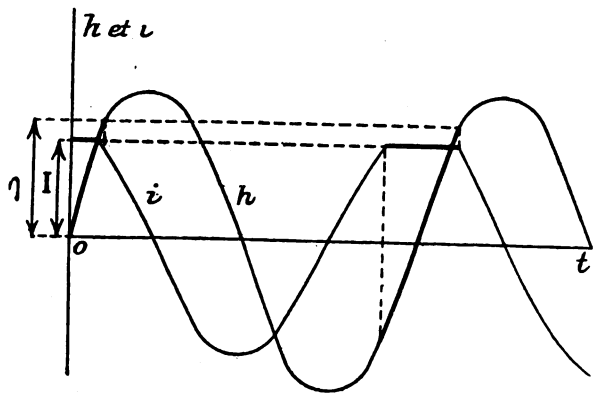


Fig. 3.

d'autant moins déformées que la quantité d'énergie $\frac{1}{2}\lambda I^2$ est plus grande par rapport à la quantité $\frac{1}{2}\gamma r^2$. Si celle-ci est petite, par rapport à la première, la tension aux bornes du réseau d'utilisation est constante.

Faisons, par exemple, $E = 500$ v, $I \leq 20$ a, $\alpha = 20\,000$. Nous devons faire $\gamma r^2 = 1$ joule et, afin que les ondes soient peu déformées, faisons $\lambda I^2 = 4$ joules. Il en résulte $\lambda = 0{,}01$ henry, $\gamma = 0{,}00633$ microfarad et $r = 12\,566$ v.

Pour que cette tension ne puisse faire éclater un arc entre l'anode a et la grille, il faut rendre le circuit de grille très résistant. Toutefois, si l'on exagérait, la grille ne pourrait plus résorber presque instantanément les ions positifs qui la recouvriraient, au moment où l'intensité j s'annulerait, ainsi que les ions encore libérés dans son voisinage par l'agitation moléculaire ou les rayons ultraviolets émis par la cathode. On évitera toute difficulté en refroidissant la grille par un courant d'eau ou d'huile, ce qui permettra de réduire suffisamment la résistance de son circuit sans qu'elle puisse, en s'échauffant, se transformer en cathode. La figure 4 montre comment on peut la diposer pour cela.

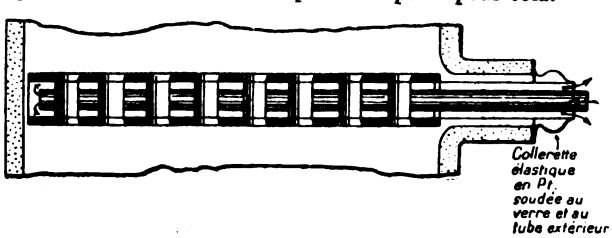


Fig. 4.

Ce mode de transformation doit être d'un très bon rendement. En effet, la lampe se comporte comme un robinet toujours ouvert en grand ou complètement fermé. Au contraire, la lampe hétérodyne fonctionne comme un robinet toujours étranglé, dont on fait varier périodiquement l'ouverture, et son rendement est au plus de 0,45. Nous n'avons pu encore expérimenter ce mode de production des courants alternatifs de fréquence élevée, mais nous avons exposé dès à présent son principe, parce qu'il se combinera avec le mode de transformation suivant, déjà réalisé, pour constituer un nouveau système de traction électrique que nous décrirons dans une autre note.

II. Transformation de courants alternatifs de fréquence élevée en courants alternatifs de fréquence usuelle et variable a volonté. — L'appareil employé (fig. 5) se compose : 1° d'un transformateur A, dont le circuit primaire P

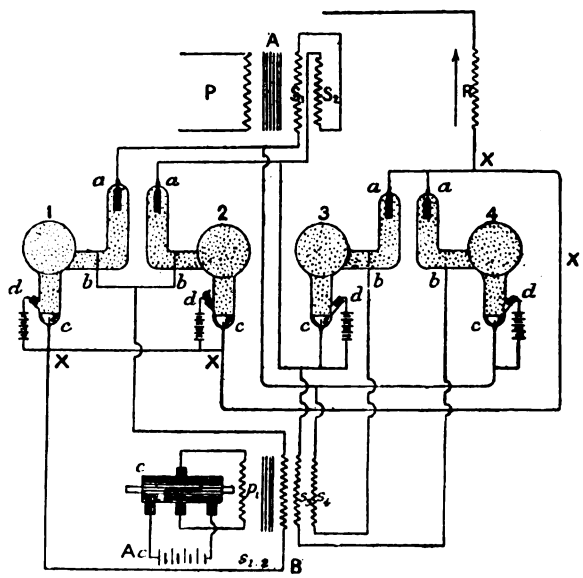


Fig. 5.

reçoit le courant à transformer. Il a deux circuits secondaires S_1 et S_2, identiques, mais connectés différemment : le point d'entrée du premier et le point de sortie du second sont reliés à un point neutre O ; 2° de quatre lampes semblables aux précédentes 1, 2, 3 et 4. L'anode de la lampe 1 et la cathode de la lampe 4 communiquent avec le point de sortie du circuit S_1. L'anode de la lampe 2 et la cathode de la lampe 3 communiquent avec le point d'entrée du circuit S_2. Enfin les cathodes des lampes 1 et 2 et les anodes des lampes 3 et 4 communiquent avec un conducteur XX et le circuit d'utilisation R est branché entre ce conducteur et le point neutre.

On dispose, pour charger les grilles, d'un petit transformateur B, dont le circuit primaire p_1 reçoit un courant, fourni par une batterie Ac, et périodiquement inversé par un commutateur c. La fréquence du courant obtenu est égale à la vitesse de rotation de ce commutateur. Le transformateur B a trois circuits secondaires $s_{1,2}$, s_3, s_4. Le circuit $s_{1,2}$ est branché entre les grilles réunies en parallèle des lampes 1 et 2 et le conducteur XX : il les rend simultanément positives ou négatives par rapport à leurs cathodes. Les circuits s_3 et s_4 sont branchés, le premier entre la grille et la cathode de la lampe 3 et le second entre celles de la lampe 4. Les connexions sont faites de façon que les grilles des lampes 1 et 2 soient positives, pendant que celles des lampes 3 et 4 sont négatives, et réciproquement.

Digitized by Google

Supposons positives les grilles des lampes 1 et 2 au moment où l'on ferme le circuit R. Un courant ne peut le parcourir que dans le sens de la flèche de la figure 5. Il se fermera en traversant soit la lampe 1 et le circuit S_1, soit la lampe 2 et le circuit S_2.

Si le circuit R n'a aucune self-induction, l'intensité du courant variera dans les circuits S_1, S_2 et R comme le montre la figure 6. S'il en a, elle croîtra graduellement, comme il est aussi montré sur cette figure.

Rendons maintenant négatives les grilles des lampes 1 et 2 et positives celles des lampes 3 et 4. Si le circuit R a de

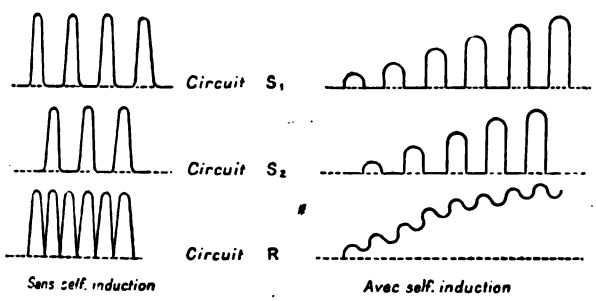


Fig. 6.

la self-induction, le courant qui le traverse ne peut changer immédiatement de sens en s'annulant et, tant qu'il ne l'a pas fait, il ne peut franchir les lampes 3 et 4, ne pouvant aller de leur cathode à leur anode.

Au moment de l'interversion, il traversait, par exemple, la lampe 2. Il ne peut plus se rétablir dans la lampe 1, dont la grille a été rendue négative alors qu'il n'y passait pas de de courant. Il continue donc à traverser la lampe 2 et le circuit S_2. Mais la force électromotrice alternative développée dans ce circuit ne peut l'entretenir.

Il s'amortit et, après s'être annulé, se rétablit à travers les lampes 3 et 4 en parcourant le circuit R en sens inverse de la flèche.

L'oscillogramme de la figure 7, relevé pendant la transformation d'un courant de fréquence 500 p : s en courant de fré-

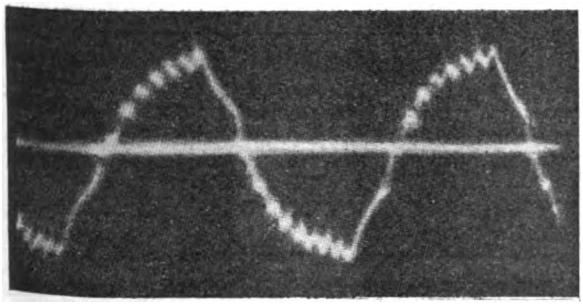


Fig. 7.

quence 50 p : s, avec un circuit R constitué par une résistance inductive, montre qu'il en est bien ainsi.

Or, si le courant continue à passer dans la lampe 2, tandis que les grilles des lampes 3 et 4 sont devenues positives, un courant de court-circuit se ferme à travers les lampes 2 et 4 et les circuits S_1 et S_2, chaque fois que les forces électromotrices développées dans ceux-ci tendent à faire entrer le courant par l'anode de la lampe 2 et sortir par la cathode de la lampe 4, soit pendant la moitié du temps. Pour l'éviter, il faut faire embrasser un arc plus grand à la coquille du commutateur c reliée au pôle négatif de la batterie Ac qu'à celle reliée à son pôle positif, afin que le courant traversant la lampe 2 puisse s'amortir entre le moment où la grille de cette lampe cesse d'être positive et celui où les grilles des lampes 3 et 4 commencent à l'être; moyennant cette précaution, on obtiendra un très bon rendement.

D'autres expériences ont montré que l'on pouvait de même, en rendant successivement positive et négative la grille d'une lampe, couper ou rétablir des courants alternatifs de fréquence 30 000 p : s.

Enfin, en disposant de plusieurs appareils semblables alimentés par d'autres circuits secondaires S'_1, S'_2, S''_1, S''_2, ..., excités par le même circuit primaire P et dont les commutateurs, montés sur un même axe, soient successivement décalés les uns par rapport aux autres, on produirait des courants déphasés.

La régulation des réseaux (1).

En vue de la conférence internationale des grands réseaux (Paris, 1921), l'Association suisse des Electriciens a écouté un rapport du professeur Landry, puis a présenté quelques observations. Voici le résumé de ce rapport.

Le conférencier fait remarquer que, bien que traités par lui séparément, les deux sujets suivant n'en font qu'un, ayant trait à la régulation des réseaux. Il s'agit: 1° de la compensation du courant déwatté; 2° du réglage de la tension.

Compensation du courant déwatté. — Aucune compensation du courant déwatté ne serait nécessaire du fait des appareils d'utilisation si, en plus de certaines mesures administratives comme celle qui consiste à n'admettre qu'un moteur d'induction caractérisé par un bon facteur de puissance, on favorisait et imposait partout les machines et appareils à facteur de puissance réglable : moteurs synchrones au lieu de moteurs asynchrones dans le cas d'unités suffisamment puissantes; moteurs d'induction compensés par l'induit, soit par machines à collecteur, soit par vibrateur Kapp; groupes transformateurs synchrones, commutatrices ou convertisseurs en cascade, au lieu de groupes transformateurs asynchrones ordinaires; moteurs synchrones démarrant en asynchrones, etc. De même on pourrait n'employer, comme appareils principaux ou auxiliaires, que ceux qui n'introduisent qu'un faible déphasage : moteurs travaillant en asynchrones aux fortes charges, et en synchrones aux faibles charges et à vide; régulateurs d'induction doubles. Enfin, on pourrait substituer le courant continu au courant alternatif pour l'alimentation de réseaux de force motrice locaux comprenant de nombreux petits moteurs travaillant dans des conditions désavantageuses, le courant continu nécessaire étant obtenu sur place au moyen de groupes rotatifs appropriés ou de redresseurs. Exemple : les ateliers de Puteaux, en France, où le facteur de puissance de l'ensemble des appareils d'utilisation a pu être porté à 0,95, bien que les trois quarts de la puissance nécessaire soit absorbée directement sous la forme de courants alternatifs triphasés.

Mais il est difficile d'appliquer ces mesures aux anciens réseaux. D'autre part, l'auteur n'est point partisan des tarifications complexes qui poursuivent le but, non de supprimer le courant déwatté, du moins directement, mais d'en frapper l'usage d'une sorte de pénalité. Ce qu'il faudrait, c'est l'emploi des méthodes et des appareils susceptibles, en compensant le courant déwatté, d'améliorer ainsi le rendement de tout un réseau, lignes, transformateurs, générateurs, tout en régularisant la tension. L'auteur a en vue l'utilisation des moteurs synchronesq comme compensateurs. Il rappelle eue l'idée en revient à M. Blondel (1896). Comme on fait

(1) *Bulletin de l'Association suisse des Electriciens*, février 1922, t. XIII, p. 47-60, 7 000 mots, 4 fig.

Digitized by Google

au moteur synchrone le reproche d'entraîner des dépenses d'installation supplémentaires et de consommer une certaine puissance qui augmente les pertes, l'auteur indique le procédé de calcul du rendement suivant.

Si P est la puissance réelle transmise aux récepteurs et comptée aux barres d'attache du compensateur, si φ est l'angle de déphasage des récepteurs, $P_s = P \operatorname{tg} \varphi$, est la puissance apparente des moteurs synchrone qui compenserait entièrement le courant déwatté et $p_s = a P_s = a P \operatorname{tg} \varphi$, sera la puissance réelle consommée par le compensateur.

Si p_j est la puissance dissipée par le courant déwatté $I \sin \varphi$ en effet Joule, on sait qu'elle est égale à la puissance dissipée par le courant watté multipliée par $\operatorname{tg}^2 \varphi$, et on a

$$p_j = \beta P \operatorname{tg}^2 \varphi.$$

Il y aura amélioration de rendement et bénéfice à compenser le courant déwatté, si

$$p_s < p_j,$$

c'est-à-dire si

$$\frac{a}{\beta} < \operatorname{tg} \varphi,$$

ce qui montre qu'il y aura intérêt à compenser au moyen de moteurs synchrones, la fraction de la puissance magnétisante du réseau qui sera en excédant sur celle correspondant à un facteur de puissance défini par

$$\operatorname{tg} \varphi_1 = \frac{a}{\beta}.$$

Réglage de la tension. — Pour conserver en bout de ligne la tension normale de service, on est parfois amené à « pousser » par trop la tension au départ. Une compensation judicieuse du courant déwatté qui diminue une partie des chutes de tension en ligne, et l'emploi de régulateurs de tension appropriés permettent de conserver en bout de ligne la tension normale, en faisant agir les régulateurs sur l'excitation des moteurs de compensation.

Après un long exposé analytique qui a le but de rappeler la construction du diagramme tripolaire de M. Blondel (ligne fonctionnant sous tension constante à l'arrivée), l'auteur expose deux principes de réglages de la tension : *a*) par réglage à tension constante au départ, au moyen d'un régulateur agissant sur l'excitation des alternateurs. A l'arrivée, autre régulateur de tension, agissant sur la puissance apparente d'un ou plusieurs moteurs synchrones, c'est-à-dire sur leur excitation et leur faisant prendre automatiquement la charge réactive propre à assurer la tension voulue sous la charge réelle des récepteurs; *b*) par réglage à tension constante sur voltmètre compensé. Il s'agit d'un voltmètre monté au départ, et réglé, après détermination de paramètres, d'après le diagramme de M. Blondel de façon à indiquer une tension constante, maintenue telle par un régulateur de tension agissant sur l'excitation des alternateurs. A l'arrivée, il y a un régulateur de tension agissant sur la charge réactive des moteurs (compensateurs synchrones) par l'excitation, et agissant suivant une loi déterminée également par le diagramme tripolaire de M. Blondel. — L. C.

L'approvisionnement de la Suisse en énergie électrique et l'exportation de celle-ci [1].

Ces questions font en Suisse l'objet d'études et de discussions nombreuses, dont la « R. G. E. » a déjà entretenu ses lecteurs [2]. Une conférence de l'auteur présente la question dans son ensemble sous une forme élevée. Nous la résumerons comme suit.

La guerre a bouleversé profondément la vie industrielle en Suisse, et la crise n'est pas encore dénouée. Avant la guerre, un fait dominait, dans l'activité économique de ce pays; c'est que le charbon n'y était pas cher, et l'énergie d'origine thermique était bien meilleur marché que l'énergie électrique. On ne reconnaissait à cette dernière que les avantages de la commodité. Elle ne pouvait prétendre à devenir économique qu'en dehors des pointes. Le particularisme caractérisait les entreprises de production et de distribution de l'électricité. On ne s'entretenait point, comme aujourd'hui, d'un « super réseau » permettant à l'énergie électrique de se déverser de la région où elle est abondante vers celle où elle manque. L'accumulation saisonnière ou l'accumulation annuelle n'étaient pas encore devenues des principes. Chaque centrale avait un équipement correspondant au débit d'étiage et, pour parer aux pointes, elle possédait une usine thermique de réserve pour fournir l'appoint. Une très grande, une énorme partie de l'énergie hydraulique était perdue. Pour trouver une clientèle à l'énergie de déchet, fournie en dehors des pointes, il fallait la chercher jusqu'au delà des frontières suisses. On exportait. Nul n'y voyait d'inconvénient.

Avec la guerre, le charbon devint presque introuvable; l'industrie de production d'électricité, sollicitée de toutes parts, ne put satisfaire les demandes. Il y eut crise violente, puis réaction organisatrice. Les grandes lignes d'une politique de production et d'utilisation nationales se précisèrent. Pour diminuer le tribut payé à l'étranger en échange des 3 millions de tonnes de houille importées précédemment (cent millions de francs, au prix d'avant-guerre), il fallait électrifier. L'électrification des chemins de fer fédéraux doit ainsi économiser annuellement 800 000 t de charbon. Il faut donc produire davantage, premier point. Secondement, il faut utiliser mieux, permettre aux centrales de fournir le gros appoint d'hiver grâce aux réserves d'eau accumulées pendant l'été; créer le « super-réseau » permettant aux régions momentanément hydrologiquement riches d'envoyer leur excédent d'énergie, par des lignes à très haute tension, aux régions hydrologiquement pauvres au même moment; favoriser l'accumulateur électro-thermique qui, chez le client, n'utilise que l'énergie hors pointes pour la restituer aux heures de besoin.

La grosse quantité d'énergie consommée par le chauffage domestique qui, si elle était uniquement d'origine électrique, correspondrait à des pointes énormes pendant la saison la moins favorable (on chauffe les habitations 200 jours par an en Suisse) devra cependant toujours être produite par des combustibles, du moins en grande partie. La Suisse sera donc toujours importatrice de charbon.

La non-coïncidence des époques de charge maximum (hiver : basses-eaux) avec l'époque des grands afflux d'eau (été : faibles charges) et l'allure irrégulière de la consommation quotidienne font qu'il y aura toujours des heures où l'eau coulera en abondance dans les turbines sans qu'il y ait en Suisse assez de clients pour consommer à ce moment l'électricité produite. Ce sera toujours le cas des usines placées en aval et dépourvues de bassins d'accumulation. Plutôt que de perdre cette énergie et d'arrêter les machines, ce qui n'assurerait pas l'utilisation rationnelle de ces dernières, il est préférable d'exporter cette énergie de déchet, cette énergie perdue, et d'en tirer des revenus qui ne pourront que coopérer, par répercussion, à l'extension et au perfectionnement de l'électrification suisse, et même à l'achat de charbon étranger, quand il sera indispensable.

Mais il arrive que l'énergie électrique exportée permet à des industries étrangères de concurrencer et de distancer certaines industries suisses [1]. Bien qu'il ne puisse être mis d'entrave à la liberté commerciale, un service d'exportation pourrait cependant atténuer les effets défavorables à certains intérêts suisses, tout au moins suggérer des mesures propres à maintenir la balance avec certains faits, comme celui par lequel les Allemands majorent le charbon qu'ils vendent aux Suisses de 500 à 600 pour 100. — L. C.

(1) J. Landry, *Bulletin de l'Association suisse des Electriciens*, octobre 1921, t. xii, p. 251-259, 5000 mots.

(2) *R. G. E.*, 12 février, 23 avril et 21 mai 1921, t. ix, p. 51 D, 133 D et 165 D; 14 janvier 1922, t. xi, p. 64.

(1) La *R. G. E.* du 14 janvier 1922 a mentionné la protestation des carburiers suisses.

Digitized by Google

SECTION DE LÉGISLATION

Législation, jurisprudence, règlementation

Circulaire du ministre des Travaux publics au sujet des coefficients de sécurité à exiger pour les installations aériennes traversant les voies ferrées.

Le Ministère des Travaux publics vient de faire publier une circulaire du ministre des Travaux publics, en date du 4 juillet 1922, sur l'interprétation de l'article 25 § 8 de l'arrêté technique du 30 juillet 1921. Voici le texte de cette circulaire :

Depuis la mise en application des dispositions de l'arrêté ministériel du 30 juillet 1921, déterminant les conditions techniques auxquelles doivent satisfaire les distributions d'énergie électrique, j'ai été saisi, à diverses reprises, de divergences d'interprétation qui se sont élevées en ce qui concerne le sens qu'il convient de donner au § 8 de l'article 25, relatif aux coefficients de sécurité à exiger pour les installations aériennes traversant les voies ferrées.

Après avis du Comité d'Electricité, j'estime que le paragraphe dont il s'agit doit se comprendre ainsi :

Il comporte deux dispositions entièrement différentes : l'une relative à la situation normale, dans laquelle le coefficient de sécurité doit être de 10 pour les conducteurs et de 5 pour les autres éléments; l'autre, concernant l'hypothèse de la rupture de tous les conducteurs placés d'un même côté. Dans le premier cas, le coefficient de sécurité de l'installation constituant la traversée est calculé conformément aux indications de l'article 6, d'après lequel le coefficient de sécurité de tous les éléments est le rapport entre l'effort correspondant à la charge de rupture et l'effort le plus grand auquel chaque élément peut être soumis.

Du rapprochement des textes, il résulte évidemment que le coefficient de sécurité 5 exigé pour les maçonneries de fondation est le coefficient de sécurité concernant les efforts moléculaires dans le massif et non pas le coefficient de stabilité statique de l'ensemble.

Au contraire, dans l'hypothèse, considérée comme la plus défavorable, de la rupture de tous les conducteurs placés d'un même côté du support, c'est le coefficient de stabilité statique de l'ensemble qui a été visé : la seule condition imposée dans ce cas est que le pylone tienne debout et, dès lors, que le coefficient de stabilité adopté est au moins égal à 1, sans tenir compte de la butée des terres, celle-ci sera toujours pratiquement suffisante pour élever la valeur du dit coefficient au delà de l'unité.

En conséquence, le coefficient de sécurité 5 exigé pour les maçonneries de fondation des supports dans les cas visés par le § 8 de l'article 25 doit s'appliquer à l'équilibre élastique de ces maçonneries et les mots « *sans tenir compte de la butée des terres* » introduits dans la première phase du dit § sont à supprimer. Le § 8 de l'art 25 doit donc être rectifié comme suit :

« § 8. — Le coefficient de sécurité de l'installation constituant la traversée, calculé conformément aux indications de l'art. 6, est au moins égal à 5 pour les organes de supports et pour les maçonneries de fondation, et à 10 pour les conducteurs. Dans l'hypothèse de la rupture de tous les conducteurs placés d'un même côté, le coefficient de sécurité de l'installation, y compris le haubanage, s'il y en a, doit être au moins égal à l'unité, sans tenir compte de la butée des terres ».

J'adresse un exemplaire de la présente circulaire à M. l'Ingénieur en Chef du Contrôle des Distributions d'Energie électrique de votre département.

Le Ministre des Travaux Publics.

LE TROCQUER.

Sur l'application des impôts sur les revenus aux sociétés en commandite.

Le « Journal officiel » du 14 juin 1922 publie, page 861 des « Débats parlementaires, Sénat », les deux questions et réponses suivantes :

5142. — M. Catalogne, sénateur, demande à M. le ministre des Finances si une société anonyme doit être imposée à l'impôt cédulaire de 8 pour 100 afférent aux bénéfices commerciaux sur la portion distribuée de ses bénéfices alors que l'enregistrement a déjà perçu, sur cette portion, la taxe de 10 pour 100 sur le revenu des valeurs mobilières, étant précisé qu'aux termes des statuts, cette société anonyme prend à sa charge cette dernière taxe de 10 pour 100. (Question du 19 avril 1922.)

Réponse. — La société en cause est passible de l'impôt sur les bénéfices industriels et commerciaux à raison de son bénéfice net total, y compris la partie de ce bénéfise mise en distribution. Le fait que la société prend à sa charge, conformément à ses statuts, la taxe sur le revenu des valeurs mobilières due par les actionnaires sur le montant des sommes qui leur sont distribuées ne saurait entraîner aucune modification dans l'application de ce principe.

5148. — M. Enjolras, sénateur, demande à M. le ministre des Finances si l'impôt de 10 pour 100 sur le revenu présumé ou réel d'une commandite simple, en vertu des lois de 1872 et 25 juin 1920, ne fait pas double emploi avec l'impôt de 10 pour 100 au titre de l'impôt général sur le revenu, étant donné que l'impôt au titre des bénéfices industriels et commerciaux est également perçu sur l'intérêt réel servi à cette commandite. (Question du 1er mai 1922.)

Réponse. — Dans le cas envisagé par l'honorable sénateur, il n'y a pas de superposition d'impôt.

En effet, les trois impôts exigibles sont :

L'impôt de 8 pour 100 sur les bénéfices industriels et commerciaux;

La taxe de 10 pour 100 sur le revenu des valeurs mobilières et l'impôt général sur le revenu.

Or, la société dont il s'agit jouit d'une personnalité distincte et indépendante de celle des membres qui la composent et seule la charge de l'impôt de 8 pour 100 lui incombe définitivement, sans recours contre les sociétaires.

Par contre, l'impôt de 10 pour 100 est à la charge des commanditaires.

Ce qui peut prêter à confusion c'est que, aux termes de la loi du 25 juin 1872, la société doit verser la taxe de 10 pour 100 sur le revenu de la commandite à l'administration de l'enregistrement; mais il s'agit là d'une simple

Digitized by Google

avance que la société récupère, par la suite, sur les commanditaires qui en sont, en définitive, seuls redevables.

Les deux taxes de 8 pour 100 et de 10 pour 100 ne constituent donc aucunement une double imposition.

Il n'y a pas davantage double imposition entre l'impôt de 10 pour 100 et l'impôt général sur le revenu. L'application des deux impôts est, en effet, de l'essence même du système fiscal français, qui comporte une taxe de superposition (l'impôt général sur le revenu), venant reprendre dans l'ensemble les diverses sources de revenus, déjà assujetties à des cédules (bénéfices industriels et commerciaux, impôt sur les salaires, impôt sur le revenu des professions non commerciales, etc...), dont la taxe de 10 pour 100 des lois de 1872 et de 1920 n'est qu'un cas particulier.

Sur les conditions que doivent remplir les factures pour profiter du tarif réduit d'affranchissement.

Le « Journal officiel » du 21 juin 1922 publie, page 1912 des « Débats parlementaires, Chambre des Députés », la question et la réponse suivantes :

1400. — M. Manaut, député, rappelle à M. le ministre des Travaux publics que, par arrêté du 11 janvier 1922, il a indiqué toute une série de mentions manuscrites que peuvent porter les factures, relevés de comptes ou de factures, les notes d'honoraires, expédiés sous bande, au tarif réduit de 0,15 fr jusqu'au poids de 20 grammes et demande au ministre de faire savoir si l'énumération dudit arrêté est strictement limitative et si l'inscription sur une facture de signes ou de nombres n'ayant et ne pouvant avoir aucun caractère de correspondance, comme par exemple : 1° l'initiale d'une dactylographe ayant copié la facture à la machine à écrire; 2° le numéro d'un dossier duquel est extrait la facture; 3° le numéro d'ordre de la facture sur les livres du créancier; 4° le rappel du numéro de la commande envoyée par l'acheteur au vendeur, peut donner lieu à la surtaxe fixe de 1 fr prévue par la loi de finances. (Question du 8 juin 1922).

Réponse. — L'arrêté du 11 janvier 1922 a été pris en exécution des dispositions de l'article 43 de la loi de finances du 31 décembre 1921 qui a admis au tarif de 0,15 fr jusqu'à 20 grammes, les factures, relevés de comptes ou de factures et notes d'honoraires non acquittés, expédiés sous bande ou sur carte à découvert et ne comportant pas d'indications manuscrites autres que celles afférentes à la date, au nom et à l'adresse du débiteur et du créancier, à la nature des marchandises, à leur quantité, à leur prix, au mode d'envoi, à la nature et au montant des honoraires, à la date, au lieu et au mode de payement. Cette liste d'additions autorisées par la loi est limitative; elle ne comprend pas les mentions indiquées par l'honorable député, et qui ne figurent pas, par conséquent, dans l'arrêté précité du 11 janvier 1922. Les envois de factures portant lesdites mentions ne sont donc pas admis au tarif de 0,15 fr; ils sont passibles de la taxe des lettres. Ceux effectués sous bande ou sur carte à découvert, avec un affranchissement de 0,15 fr tombent sous l'application des dispositions de l'article 7 de la loi du 29 mars 1920, aux termes de laquelle une surtaxe fixe de 1 fr est applicable aux envois faits dans les conditions du tarif réduit et qui, au cours de leur transmission, sont reconnus porter ou contenir des notes de correspondance, ou des annotations manuscrites non autorisées. Un projet de loi, actuellement en instance devant le Parlement, prévoit l'extension du tarif de 0,15 fr aux factures et relevés de comptes et de factures expédiés sous enveloppe ouverte et ajoute à la liste des annotations manuscrites déjà autorisées le numéro de la facture, la date et le numéro de la commande ou du bon de livraison.

Sur la non-application de la taxe sur le chiffre d'affaires aux intérêts des dépôts en banque

Le « Journal officiel » du 17 février 1922 publie, page 880 des « Débats parlementaires, Sénat », la question et la réponse suivantes :

5202. — M. Machet, sénateur, demande à M. le ministre des Finances, si la taxe sur le chiffre d'affaires est due par un commerçant ou un industriel sur le montant des intérêts produits par la partie disponible de son fonds de roulement, qu'il laisse, en attendant son utilisation, en dépôt de compte courant chez son banquier. (Question du 1er juin 1922.)

Réponse. — Réponse négative, le fait pour un commerçant de toucher les intérêts des sommes qu'il a déposées chez son banquier ne constituant pas une affaire au sens de l'article 59 de la loi du 25 juin 1920.

Sur les droits des agents du fisc concernant l'examen des livres de comptabilité

Le « Journal officiel » du 23 juin publie, page 1951 des « Débats parlementaires, Chambre des Députés », la question et la réponse suivantes :

13451. — M. de Talhouët-Roy, député, demande à M. le ministre des Finances : 1° si, en l'absence d'un patenté, les agents du fisc ont le droit de se faire remettre ses livres afin de contrôler le jeu de la taxe sur le chiffre d'affaires; 2° dans le cas de l'affirmative, à quels agents du fisc appartient ce droit. (Question du 23 mais 1922.)

Réponse. — En principe, l'obligation imposée par l'article 67, 1°, de la loi du 25 juin 1920 et par l'article 32 de la loi du 31 juillet 1920 aux commerçants visés par ces textes de représenter aux agents des services financiers toutes justifications nécessaires à la fixation de leur chiffre d'affaires et tous les livres et documents annexés, pièces de recettes et de dépenses, etc., n'incombe qu'à ces commerçants eux-mêmes ou à leurs représentants qualifiés. Mais le refus de communication pourrait résulter de faits révélant, de la part d'un commerçant, l'intention de ne pas déférer à la réquisition de l'administration, tels que son absence, sans avoir laissé d'ordre à son personnel pour la communication, bien qu'il ait été informé de la réquisition (rapp. cass., 21 mars 1848, Sirey 48-1-287); 2° il résulte de l'article 67, 1°, de la loi du 25 juin 1920 et des articles 5 et suivants du décret du 24 juillet 1920 que les commerçants doivent fournir toutes justifications nécessaires à la fixation du chiffre d'affaires aux agents du service des contributions directes ainsi qu'à tous les agents, sans distinction de grade, appartenant à l'administration financière dont ils relèvent pour le payement de l'impôt sur le chiffre d'affaires. En outre, l'article 32 de la loi du 31 juillet 1920 impose aux commerçants faisant un chiffre d'affaires supérieur à 50000 fr., l'obligation de communiquer, mais seulement aux agents ayant au moins le grade de contrôleur des contributions directes ou d'inspecteur adjoint de l'enregistrement, les livres dont la tenue est prescrite par le titre II du Code de Commerce, ainsi que tous livres et documents annexes, pièces de recettes et de dépenses, etc.

Digitized by Google

REVUE GÉNÉRALE DE L'ÉLECTRICITÉ

Organe de l'Union des Syndicats de l'Électricité

réunissant

LA REVUE ÉLECTRIQUE 1904-1916 — LA LUMIÈRE ÉLECTRIQUE 1879-1916

DIRECTEUR : J. BLONDIN, Agrégé de l'Université.

6e ANNÉE. — TOME XII. — N° 8. — 26 AOÛT 1922.

Chronique. — Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale. — Légion d'honneur. — Bibliographie : The A B C of Wireless. A popular explanation, par Percy W. HARRIS, p. 265-266.

Section scientifique et technique. — Quelques considérations sur les moteurs thermiques, par L. SCHWOB, p. 267. — Revues, analyses et informations : Pertes dans les dents de machines rotatives, p. 272; L'emploi de forces électromotrices, de courants et de flux imaginaires superposés aux valeurs réelles dans la solution des problèmes des courants alternatifs, p. 273.

Section industrielle. — Sur l'électrification des chemins de fer au moyen de courants alternatifs de fréquence élevée, par Maurice LEBLANC, p. 275. — Cahier des charges pour la fourniture des lampes à incandescence à filament métallique dans le vide, p. 277. — Normalisation des fils méplats, p. 285. — Règles françaises d'unification du matériel électrique, p. 286. — Réglementation belge concernant les fils et câbles isolés au caoutchouc, p. 288. — Revues, analyses et informations : La résistance de terre des antennes, p. 290; L'influence de l'isolement des conducteurs sur la puissance des machines, p. 293; Le fendillement des pièces étirées en laiton ou autres alliages de cuivre, p. 294.

Section économique et financière. — Revues, analyses et informations : Le problème de la socialisation en Allemagne, p. 295. — Assemblées générales : Société des Forces motrices d'Auvergne, p. 297.

Section de législation. — La législation et la réglementation des réseaux ruraux d'énergie électrique, p. 299. — Revues, analyses et informations : La France et les huit heures, p. 301.

Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale : Séance du 17 juin 1922. — Au début de la séance, la société tient une assemblée générale extraordinaire convoquée en vue d'apporter quelques modifications aux statuts.

Après que le président, M. L. Baclé, eut donné connaissance à la société du décès de deux de ses membres correspondants étrangers, M. Henry Howe, ancien professeur de métallurgie à l'Université Columbia, et M. Ernest Solvay, le créateur du procédé de fabrication de la soude à l'ammoniaque, la parole est donnée à M. Louis LE CHATELIER, ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, président honoraire de la Société française de Constructions mécaniques (anciens Etablissements Cail) pour sa communication sur *La lutte pour l'abolition de la syphilis, sa portée sociale et économique*.

L'importance, au point de vue de la production industrielle et intellectuelle, du sujet traité est soulignée par M. L. Baclé dans les termes suivants :

« Jusqu'à présent les efforts tentés dans la lutte contre les trois grands fléaux sociaux : l'alcoolisme, la tuberculose et la syphilis, n'ont guère été dirigés que contre les deux premiers. La syphilis, inavouée et dissimulée, et d'autant plus difficile à combattre, considérée à tort comme moins dangereuse, n'éveillait pas au même degré les préoccupations de l'opinion. Elle est, cependant, très répandue et elle diminue de façon considérable la capacité de production des travailleurs manuels et intellectuels. M. Louis Le Chatelier s'est attaché à organiser la lutte contre ce fléau si dommageable au corps social et à l'industrie ; il va nous montrer comment il convient d'opérer pour réussir ; les moyens à employer sont connus ; il suffit de vouloir, mais il faut éclairer l'opinion, faire appel à la générosité publique. M. Le Chatelier a pensé que notre Société lui fournirait une tribune d'où sa voix serait entendue des grands industriels dont il sollicite la collaboration, le concours moral et financier.

» La présence parmi nous, ce soir, de M. le Dr Faivre, représentant M. le ministre de l'Hygiène, est le meilleur témoignage de l'intérêt que les Pouvoirs publics portent à l'œuvre entreprise par M. L. Le Chatelier. »

Dans sa communication M. Louis LE CHATELIER cite tout d'abord quelques chiffres qui fixent l'ordre de grandeur des méfaits de la syphilis.

La mort des fœtus non venus à terme est dûe en grande majorité à la syphilis. Les 50 des 100 enfants de syphilitiques qui parviennent à l'âge adulte subissent une diminution permanente de leur capacité de travail. D'après les hygiénistes américains, la syphilis, dont les cas se sont accrus pendant la guerre, réduirait la faculté de production de la France bien plus que les morts et les blessures causées par la guerre.

Les syphilitiques contractent plus aisément que d'autres diverses maladies ; ils peuplent les asiles d'aliénés. Or une année d'hospitalisation d'un aliéné par l'Assistance publique coûte autant que la guérison définitive de 200 syphilitiques (moins de 100 fr par guérison) dans l'« usine à guérir » qu'est l'Institut prophylactique (1).

Les accidents du travail sont plus fréquents, plus graves

(1) Cet Institut, dont M. P. Painlevé, membre de l'Institut, est président et M. Louis Le Chatelier, vice-président, est situé 66, boulevard Arago, Paris (XIIIe), téléph. Gobelins 24-60 ; 46-50.

Digitized by Google

et d'une guérison plus longue et plus coûteuse chez les ouvriers syphilitiques que chez les autres. L'ensemble des salaires ouvriers est actuellement en France d'une trentaine de milliards de francs; le gain dû à la guérison des ouvriers syphilitiques serait de 1 500 000 fr par an; or la guérison complète de *tous* les Français syphilitiques, et non pas des seuls ouvriers, coûterait moins de 1 milliard *une fois pour toutes*.

L'abolition de la syphilis n'est qu'une question de volonté, car, contrairement à une opinion encore courante, ce n'est plus une maladie incurable. Le traitement connu, et amélioré grâce au 606, consiste à détruire le tréponème, cause de la syphilis, par un poison introduit dans la circulation, mercure, arsenic (606); mais, tant que ce poison n'a pas détruit la dernière colonie de tréponèmes, celle-ci prolifère et, au bout de quelques mois, l'organisme est à nouveau envahi tout entier. La réaction de Wassermann, pratiquée sur le sérum du sang ou du liquide céphalo-rachidien, constitue bien un indice de maladie ; malheureusement, elle ne fournit pas des indications absolument sûres. Le docteur Vernes s'est consacré, depuis 1911, à rechercher une méthode de détection rigoureuse et à l'appliquer dans plusieurs dispensaires créés par les soins de l'Institut prophylactique, établissement public fondé en 1916 pour amplifier l'œuvre personnelle du docteur Vernes.

La méthode de détection du docteur Vernes est une merveille de rigueur, mais à condition d'être appliquée avec une extrême minutie, d'être pratiquée en grandes séries, au moyen d'appareils industriels d'une précision indépendante de l'opérateur. Le conférencier décrit cette méthode en détail, et présente les appareils qu'exige son emploi. Elle permet de mesurer quantitativement *le criterium de la maladie*, de suivre son évolution, ce qui facilite le traitement en fixant ses meilleures modalités d'application et de constater si le malade s'approche de la guérison.

M. L. Le Chatelier décrit l'organisation des dispensaires de l'Institut prophylactique, dispensaires à grand débit où un même poste opératoire peut faire soit 140 ponctions, soit 60 injections par séance de trois heures. Ce sont de véritables « usines à guérir » où, par exemple, pendant le mois de mai dernier, il y a eu 9 730 interventions.

L'état de chaque malade est suivi au moyen d'un graphique — leur nombre dépasse actuellement 36 000 — sur lequel on écrit, point par point, toute l'histoire du traitement. Au moyen de diagrammes ainsi obtenus, le conférencier expose quelques cas de traitements, tous suivis de guérison, dont il interprète les particularités.

Si, d'après l'allure de la courbe des points représentatifs du criterium, on juge qu'un malade est arrivé à la guérison, on pratique sur lui une certaine injection arsenicale qui, pratiquée chez un sujet malade, ferait remonter notablement son criterium. Cela fait, on renouvelle les prises de sang tous les mois. Si, pendant huit mois, le criterium est nul, et si, à ce terme, le liquide céphalo-rachidien fournit aussi un criterium nul, la guérison est certaine.

M. L. Le Chatelier pense qu'il faut faire commencer la campagne d'abolition de la syphilis par les industriels. Dans toute région industrielle, ils ouvriront à frais communs une usine à guérir gratuite qui fera tache d'huile, créera un mouvement d'opinion et conduira à une organisation générale ayant pour but de soigner tous les citoyens.

Vis-à-vis de ces initiatives industrielles, l'Institut prophylactique devra jouer un rôle analogue à celui qu'a joué l'Institut Pasteur en 1908 dans l'abolition de l'ankylostomiase, l'anémie des mineurs, qui avait disparu en 1914 ; ce sera une école normale de syphilimétrie chargée d'initier ceux qui seront désignés pour appliquer la méthode. Mais le moment n'est pas encore venu : l'Institut prophylactique ne peut pas être actuellement une école normale de syphilimétrie, car il est encombré et il est devenu insuffisant. Mais il vient d'acheter avenue Pasteur un terrain où il édifiera un dispensaire pour 5 000 guérisons annuelles (l'ensemble des dispensaires actuellement existants est d'une capacité de 10 000 guérisons annuelles). Cet établissement sera le prototype de ce qui devra être créé dans chaque centre industriel. Pour entreprendre son édification, il faut de nouvelles libéralités ; des industriels en ont déjà offert; pour les raisons données plus haut, il a semblé judicieux d'en différer l'acceptation — leur tour viendra bientôt — et de s'adresser aux financiers et aux commerçants, à qui l'abolition de la syphilis vaudra un surcroît de bénéfices sans leur imposer de charges annuelles quand l'organisation prévue sera réalisée. Grâce aux concours attendus, M. L. Le Chatelier compte pouvoir ouvrir le chantier de l'avenue Pasteur avant la fin de cette année et voir l'école normale de syphilimétrie en plein fonctionnement en 1923, époque à laquelle les industriels pourront entreprendre la lutte. Mais rien ne doit les empêcher de la préparer dès maintenant.

Considérant que les initiatives industrielles qui seront prises sur divers points du territoire seront les embryons d'organisations locales affectées à un service national et qu'elles doivent par suite offrir de l'homogénéité, il convient de rechercher, en tenant compte des conditions locales, comment pourraient être utilisées les ressources médicales disponibles ; un bureau central d'études, créé à frais communs par les industriels disposés à intervenir, devra donc être établi et il semble à M. Le Chatelier qu'un lien devra nécessairement exister entre ce bureau d'études et la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale.

Ajoutons qu'à la suite de cette communication, la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale, d'une part, et la Société des Ingénieurs civils de France, devant laquelle M. L. Le Chatelier avait fait une conférence sur le même sujet le 24 février dernier, d'autre part, ont accordé leur patronage au Comité pour l'Abolition de la Syphilis dont la création est demandée par le conférencier ; son siège social sera dans l'hôtel de la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale, 44, rue de Rennes, Paris VIe. Ce Comité a été constitué dans une réunion tenue le 10 juillet; il centralisera tous les renseignements nécessaires à la création, dans les centres industriels, de laboratoires et de dispensaires gratuits à l'usage des ouvriers, ces dispensaires et ces laboratoires devant être les embryons d'organisations régionales affectées à un service national de lutte contre la syphilis sur tout le territoire.

Légion d'honneur. — Par décret en date du 12 août 1922, M. Dennery (Alfred), inspecteur des Postes et des Télégraphes, directeur de l'Ecole supérieure des Postes et des Télégraphes, a été promu au grade de commandeur.

M. Dennery fait partie de notre Comité de Rédaction ; nous lui adressons nos sincères félicitations.

Bibliographie : The A B C of Wireless, A popular explanation, par Percy W. Harris (1). — Cette petite brochure de vulgarisation est destinée au grand public; elle contient l'exposé général des procédés employés en radiotélégraphie avec un rapide rappel de l'histoire des principales découvertes; viennent ensuite des indications d'ordre général sur les postes de bord, les stations importantes et les postes d'amateurs. — B. E.

(1) Une brochure, format 18 cm × 12 cm, 64 pages, 10 fig., édité par Wireless Press Ltd, 12 Henrietta street, W. C. 2 Londres. Prix : 6 d.

Digitized by Google

SECTION SCIENTIFIQUE & TECHNIQUE

Quelques considérations sur les moteurs thermiques

Dans cet article, l'auteur étudie et compare les rendements des moteurs actuellement utilisés. Après avoir signalé l'importance du rapport du travail d'admission et de détente D, au travail de compression C, il envisage séparément ces quantités ; puis, les appliquant au moteur Diesel, il en calcule les valeurs pour différentes températures au début de la détente. Partant des résultats ainsi obtenus, il étudie s'il serait avantageux, au point de vue des rendements, d'appliquer au moteur Diesel la compression séparée.

Introduction. — On peut, entre autres subdivisions, considérer deux grandes catégories de moteurs thermiques ;

1° Les moteurs à compression mécanique ;

2° Les moteurs à compression thermique.

La première catégorie comprend tous les moteurs à air.

La deuxième catégorie est celle des machines à vapeur (1).

Dans les moteurs à air en effet (moteurs ou turbines à gaz, à essence, à huile lourde, à explosion ou à combustion), la compression du fluide moteur s'effectue en tout ou partie par des moyens mécaniques. Dans les machines à vapeur, au contraire, la compression s'effectue uniquement par voie thermique, c'est-à-dire chauffage d'un fluide ou vaporisation d'un liquide en vase clos à plus ou moins haute température selon la pression (ou, si l'on veut, le degré de compression) que l'on désire obtenir.

Evaluation des rendements. — Dans les moteurs de la première catégorie, le travail utile indiqué est la différence entre le travail d'admission et de détente et le travail de compression. Dans les moteurs de l'autre catégorie, le travail utile indiqué est égal au travail d'admission et de détente lui-même.

Il en résulte que, pour une même puissance, les mêmes qualités et le même genre de construction, le rendement mécanique des moteurs de la première catégorie est toujours inférieur à celui des moteurs de la deuxième. En effet, soit D le travail indiqué d'admission et de détente d'un moteur de première catégorie et C le travail de compression indiqué. Le travail utile indiqué T_i sera égal à $D-C$. Le travail utile effectif, T_e, sera égal à $\eta_1 \left(D - \frac{C}{\eta_2}\right)$, où η_1 est le rendement mécanique de la détente et η_2, le rendement mécanique de la compression. On en tire le rendement mécanique global :

$$\eta = \frac{T_e}{T_i} = \frac{\eta_1 D - \frac{C}{\eta_2}}{D - C}. \qquad (1)$$

Le rendement mécanique global η' d'une machine de la deuxième catégorie est celui même du travail d'admission et de détente, puisque ce dernier représente précisément tout le travail utile. Ce rendement peut toujours être au moins égal à celui du travail d'admission et de détente d'une machine de la première catégorie, de construction et de puissance analogues. On peut donc écrire

$$\eta' = \eta_1. \qquad (2)$$

D'où, en faisant le rapport des équations (1) et (2),

$$\frac{\eta}{\eta'} = \frac{D - \frac{C}{\eta_1 \eta_2}}{D - C}. \qquad (3)$$

Comme le produit $\eta_1 \eta_2$ est sûrement inférieur à l'unité, l'on déduit immédiatement

$$\frac{\eta}{\eta'} < 1, \quad \text{ou} \quad \eta' > \eta.$$

Alors que le rendement mécanique d'une machine à vapeur ne dépend guère que de sa plus ou moins bonne construction, celui d'un moteur à air est lié au rapport des travaux de compression et de détente, c'est-à-dire aux caractéristiques mêmes de son cycle thermodynamique. L'équation (1) peut s'écrire, en effet,

$$\eta = \frac{1}{\eta_2}\left(\frac{\eta_1 \eta_2 - 1}{1 - \frac{C}{D}} + 1\right), \qquad (4)$$

(1) En toute rigueur, nous devrions ranger également dans cette deuxième catégorie les anciens moteurs à air chaud sans compression. Ceux-ci étant toutefois tombés en complète désuétude, nous ne croyons pas utile de traîner, à la remorque des règles générales que nous allons exposer, quelques exceptions sans intérêt pratique.

Digitized by Google

ou, en appelant R le rapport $\frac{C}{D}$ (toujours plus petit que un) des travaux de compression et de détente.

$$(5) \qquad \eta = \frac{1}{\eta_2}\left(1 - \frac{1 - \eta_1\eta_2}{1 - R}\right).$$

On voit que le rendement mécanique η diminue quand le rapport R augmente. Il est nul lorsque R est égal à $\eta_1\eta_2$.

Ainsi, un moteur à air dont la détente et la compression s'effectueraient dans le même cylindre, l'une avec un rendement mécanique de 80 pour 100, l'autre avec un rendement mécanique qu'il est naturel d'admettre un peu inférieur, 75 pour 100 par exemple (les mêmes pertes affectant en période de compression un travail moins grand qu'en période de détente), un tel moteur, disons-nous, ne fournirait aucun travail utile si le rapport des travaux indiqués de compression et de détente était égal ou supérieur à $\frac{3}{5}$, et cela quelle que soit la valeur de son rendement thermique.

Au contraire, une machine à vapeur de construction très médiocre avec un rendement mécanique de 50 pour 100 seulement, par exemple, et un rendement thermique bien moins favorable accomplirait encore néanmoins un certain travail utile.

On voit combien les moteurs de première catégorie sont fâcheusement « handicapés » par les effets de la compression mécanique. Il a fallu l'excellence de leur rendement thermique jointe à celle de leur construction pour les faire triompher, sans qu'ils aient réussi, toutefois, à éliminer les machines à vapeur.

La formule (5) dont nous venons de tirer les quelques conclusions ci-dessus n'est en somme que l'expression d'une vérité évidente, savoir : que, dans un moteur de la première catégorie, le travail *effectif* d'admission et de détente doit être supérieur au travail *effectif* de compression.

Pourtant, bien des inventeurs, et non des moindres, ont méconnu l'influence du rapport R sur le rendement mécanique de leurs moteurs, influence que ne révèlent pas, il est vrai, les seules considérations thermodynamiques. Peu d'ouvrages d'ailleurs en font mention. M. Aimé Witz y fait allusion dans sa « Théorie des Moteurs à Gaz » à propos du moteur Gardie à compression séparée, dont l'insuccès serait dû, selon lui, en grande partie au rapport excessif des travaux de compression et de détente qui se trouve être égal à $\frac{1}{3}$ environ.

D'après la formule (5), pour un moteur de construction moyenne où les rendements mécaniques de la détente et de la compression sont, par exemple, de 80 pour 100 et 75 pour 100, le rapport $R = \frac{1}{3}$ ne conduit, en effet, qu'à un rendement mécanique global de 35 pour 100. Mais pour un moteur de très bonne construction où les rendements mécaniques de la détente et de la compression seraient de 96 et 94 pour 100, ce même rapport conduirait à un rendement mécanique global de 91 pour 100. Avec un rapport $R = \frac{1}{2}$, ce dernier moteur aurait encore un rendement mécanique très acceptable de 85 pour 100.

Il est d'ailleurs assez curieux que M. Aimé Witz n'étende pas cette remarque à d'autres moteurs que ceux à compression séparée. Il est vrai que, dans ces derniers, la distinction entre le travail de la détente et celui de la compression se fait tout naturellement. Néanmoins, il n'y a pas de différence, à ce point de vue, entre un moteur à air à quatre temps et un moteur à compression séparée. Dans les deux premiers temps (aspiration et compression), le moteur à quatre temps joue en effet complètement et uniquement le rôle d'un compresseur dont on peut sans difficulté déterminer le rendement mécanique. De même pour la période de détente. La distinction est évidemment plus malaisée dans les moteurs à deux temps où la course de retour de la détente est en même temps celle de la compression. L'analogue du moteur à deux temps se retrouve d'ailleurs dans les moteurs à compression séparée dans le cas d'accouplement direct en tandem des pistons du moteur et du compresseur.

Etude séparée des travaux de détente et de compression. — Quel que soit le type de moteur considéré, il est toujours intéressant, pour ne pas dire nécessaire, d'étudier séparément les travaux de détente et de compression, et d'examiner l'influence de chacun d'eux sur le rendement mécanique global. Appliquons, par exemple, ce mode d'observation au moteur Diesel. On connaît le cycle de ce moteur : 1° aspiration d'air atmosphérique ; 2° compression adiabatique de l'air jusqu'à une pression absolue de 30 à 35 atmosphères, la température atteignant, en fin de compression, 700° à 800° absolus ; 3° réchauffage par combustion interne spontanée d'huile lourde, introduite en fin de compression, jusqu'à une température absolue de 1 800° à 2 000° ; 4° détente adiabatique jusqu'à une pression absolue de 3 à 4 atmosphères, la température atteignant encore en fin de détente 800° à 900° absolus ; 5° échappement des gaz brûlés.

Ce qui frappe, dès l'abord, dans ce cycle, ce sont les limites élevées de température entre lesquelles se maintient la détente. Il semble qu'il serait indiqué de les abaisser tant pour réduire les pertes par radiation et à l'échappement que pour éviter les sujétions inhérentes aux températures élevées. Les calories emportées par l'eau de refroidissement et les gaz d'échappement représentent, en effet, près de 60 pour 100 des calories fournies au moteur et nous verrons qu'au point de vue thermodynamique pur, il y a intérêt à maintenir beaucoup plus basses les températures initiales de la détente et, par conséquent, celles de l'échappement. C'était d'ailleurs l'avis de Diesel lui-même, dont le premier moteur, conçu pour travailler entre des limites

Digitized by Google

de température relativement basses, ne comportait même pas de circulation d'eau. Cette erreur, car c'en est une, coûta à Diesel trois ans d'efforts aussi laborieux qu'inutiles, trois ans pendant lesquels son moteur s'obstina à ne jamais tourner par ses propres moyens, tandis que Diesel s'obstinait, de son côté, à chercher dans des défauts de construction la raison d'un rendement mécanique aussi déplorable. Cette raison était inscrite tout entière dans les diagrammes qu'on réussissait à tirer de ce triste moteur en l'aidant d'une transmission : rapport des travaux de compression et de détente trop élevé. Quel était le remède ? Soit diminuer la compression, mais alors plus de combustion spontanée et l'on retombait dans le cycle des moteurs à explosion ; soit augmenter la détente, c'est-à-dire opérer à des températures plus élevées quitte à admettre d'importantes pertes par refroidissement et à l'échappement au détriment du rendement thermique. Cette solution, à laquelle Diesel ne se résigna qu'à contre-cœur et sans grand espoir, était la seule possible et l'on sait quelle fut sa fortune.

Ces influences contraires des températures sur les rendements thermiques et mécaniques peuvent se chiffrer aisément :

Soit η_{th} le rendement thermique. On peut poser

$$\eta_{th} = \frac{\varphi\,(D - C)}{c_p\,(T_2 - T_1)\,427}.$$

Dans laquelle nous désignons par D le travail de détente indiqué d'un kilogramme du mélange d'air et de gaz de combustion ; C, le travail de compression indiqué du poids d'air correspondant ; (C et D s'expriment en kilogrammètres) ; c_p, la chaleur spécifique moyenne sous pression constante d'un kilogramme du mélange combustible d'air et de gaz ; T_1, la température absolue de l'air en fin de compression ; T_2, la température absolue

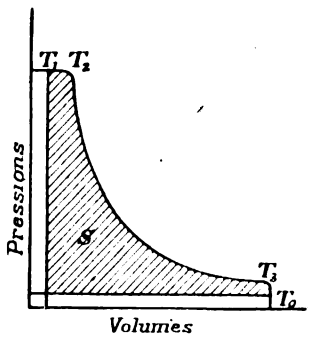


Fig. 1. — Diagramme de la détente.

du mélange en fin de combustion ; φ, un coefficient tenant compte des pertes par refroidissement.

Le nombre 427 est l'équivalent mécanique d'une calorie, en kilogrammètres.

Le travail D (surface S du diagramme de la figure 1) et le travail C (surface S' du diagramme de la figure 2) s'expriment eux-mêmes par les formules

$$D = R_{mél}\left[\frac{n}{n-1}.T_2 - \frac{1}{n-1}.T_3 - T_0\right] - R_{air}.T_1.\frac{34}{35}$$

$$C = R_{air}.\frac{n}{n-1}(T_1 - T_0) - R_{air}.T_1.\frac{34}{35},$$

où $R_{mél}$ est la constante du mélange de combustion ; R_{air}, la constante de l'air ; n, l'exposant caractérisant

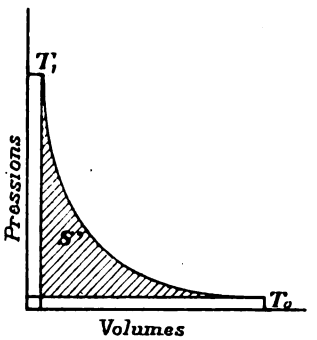


Fig. 2. — Diagramme de la compression.

les courbes polytropiques de détente et de combustion ; T_0, la température absolue de l'air à l'aspiration ; T_1 et T_2, les mêmes valeurs que précédemment ; T_3, la température absolue du mélange en fin de détente.

La superposition des diagrammes 1 et 2 donne bien le diagramme du cycle Diesel, S'' figurant le travail utile indiqué (fig. 3).

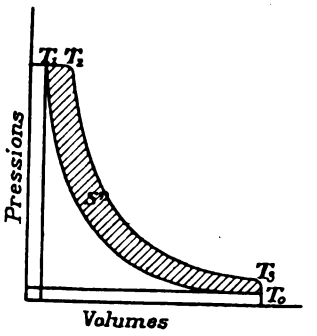


Fig. 3. — Superposition des diagrammes détente et compression donnant le diagramme Diesel.

D'autre part, le rendement mécanique $\eta_{méc.}$ peut s'écrire selon la formule (5)

$$\eta_{méc} = \frac{1}{\eta_{i2}}\left(1 - \frac{1 - \eta_{i1}\eta_{i2}}{1 - R}\right),$$

où η_{i1}, η_{i2} et $R = \frac{C}{D}$ ont les significations que l'on sait.

Le rendement effectif global est : $\eta_{eff.} = \eta_{th.}\,\eta_{méc.}$

Digitized by Google

Rendements comparés d'un moteur Diesel en fonction des températures initiales de détente. — En appliquant les formules précédentes au cas d'un moteur Diesel à compression constante et à détente variable selon les températures admises au début de la détente, on obtient le tableau suivant, dans lequel on a admis une compression constante de 35 kg : cm² et une valeur pour T_0 de 320° absolus, en tenant compte du fait que l'air atmosphérique s'échauffe légèrement dès son entrée dans le cylindre.

La valeur de T_1 est égale à

$$T_0 \left(\frac{p_1}{p_0}\right)^{\frac{n-1}{n}} = 320 \left(\frac{35}{1}\right)^{\frac{1,3-1}{1,3}} = 940° \text{ absolus.}$$

T_2 (admis), en degrés absolus	2 000	1 800	1 600	1 400	1 200	1 000	800
T_3 (déduit), en degrés absolus	1 170	1 003	877	748	602	473	356
c_p (déduit)	0,275	0,271	0,268	0,265	0,262	0,260	0,258
φ (admis)	0,70	0,72	0,74	0,76	0,80	0,85	1
R_{air}			29,26				
$R_{mél}$ (déduit)	28,5	28,6	28,7	28,8	28,9	29	29,1
D (déduit), en kg-m	105 450	94 750	84 950	74 550	61 950	48 900	35 950
C (déduit), en kg-m	32 150	32 150	32 150	32 150	32 150	32 150	32 150
$D - C$ (déduit), en kg-m	73 300	62 600	52 800	42 400	29 800	16 750	3 800
$\frac{c_p (T_2 - T_3)}{\varphi} 427$, en kg-m	211 000	170 000	131 600	98 000	64 500	34 000	6 640
η_{th} (déduit), en centièmes	34,8	36,9	40,2	43,2	46,2	49,4	57,5
$R = \frac{C}{D}$ (déduit)	0,304	0,339	0,378	0,430	0,519	0,658	0,894
η_1 (admis), en centièmes	92	91,5	91	90,5	90	89,5	89
η_2 (admis) —	88	88	88	88	88	88	88
$\eta_{méc}$ (déduit) —	82,9	80,3	77,4	72,9	64,5	52,9	— 1,2
η_{eff} (déduit) —	28,8	29,6	31,2	31,4	29,8	21,1	négatif

Bien que le choix du coefficient φ soit forcément un peu arbitraire, ces résultats sont assez exacts ; les premières colonnes correspondent sensiblement aux conditions normales de fonctionnement des moteurs Diesel ; les dernières colonnes montrent l'abaissement de plus en plus rapide du rendement mécanique avec celui des températures initiales de détente. Les chiffres de la dernière colonne, en particulier, illustrent de façon frappante l'erreur initiale de Diesel, trompé par l'apparence d'un rendement thermique excellent (57,5 pour 100) dû en partie à l'absence de pertes par refroidissement, et ne s'apercevant pas que les rapports des travaux de compression et de détente étaient tels qu'ils conduisaient à un rendement mécanique négatif. Cette simple remarque lui eût épargné trois ans de déboires et, aux firmes qui le soutenaient, quelques millions dépensés en pure perte..., à moins qu'elle ne lui eût fait renoncer totalement à poursuivre la réalisation de son rêve.

On peut se demander, au vu de ces résultats et si paradoxal que cela paraisse tout d'abord, si la compression séparée ne s'appliquerait pas avantageusement au moteur Diesel au double point de vue des rendements thermique et mécanique. Le moteur Diesel est, en effet, un piètre compresseur. Outre que son cycle lui impose la compression adiabatique sensiblement plus coûteuse que la compression isothermique, les organes mis en jeu pendant la période de compression sont disproportionnés au travail qui leur est demandé. Un compresseur séparé, au contraire, peut être conçu de façon à répondre exactement à ce travail ; de plus, rien ne s'oppose à ce que la compression se rapproche le plus possible de l'isotherme, en remplaçant, au besoin, par un réchauffage ultérieur, l'action d'une compression adiabatique sur les températures, réchauffage d'ailleurs moins coûteux que celui obtenu par l'intermédiaire mécanique d'une compression, et que les gaz d'échappement peuvent fournir en grande partie, voire même en totalité.

Reprenons par exemple le cas d'un moteur dont la compression atteint 35 kg : cm² et dont la température initiale de détente T_2 serait de 1 800° absolus (cas de la deuxième colonne du tableau). Supposons que la compression s'effectue dans un compresseur distinct du moteur proprement dit, et qui pourrait être à trois étages avec réfrigérants intermédiaires. Dans un tel compresseur, la température de l'air en fin de compression ne dépasse guère 100°C soit 373° absolus, ce qui correspond à un travail indiqué de compression et refoulement de 35 700 kg-m par kilogramme d'air. (Une compression réellement isothermique suivie de refoulement conduirait à un travail indiqué de 30 100 kg-m). Avant d'être introduit dans le moteur, l'air serait réchauffé jusqu'à 740° absolus de façon à remplir les mêmes conditions que précédemment. Pour cela, les gaz d'échappement sortant à 1 003° absolus semblent devoir suffire amplement, le réchauffage n'absorbant que la moitié des calories qu'ils

Digitized by Google

emportent. Le bilan thermique s'établit dès lors comme suit

Détente D (*y compris l'admission*) :	115 800 kg-m.
Compression C (*y compris le refoulement*) :	35 700 »
$D - C$:	80 100 »
Réchauffage de 373° à 740° absolus :	gratuit
$\frac{c_p (T_2 - T_1)\ 427}{\varphi}$ (comme précédemment) :	170 000 kg-m

$$\eta_{th} = \frac{80\ 100}{170\ 000} = 47{,}1 \text{ pour } 100.$$

Pour les rendements mécaniques, nous pouvons admettre que celui du compresseur (η_{i2}) serait au moins égal à celui du moteur (η_{i1}), le compresseur étant désormais exactement proportionné à son usage. Il vient dès lors

$$R = \frac{C}{D} = 0{,}309;$$

η_{i1} (admis comme précédemment), 91,5 pour 100 ;
$\eta_{i2} = \eta_{i1} = 91{,}5$ pour 100 ;
d'où

$$\eta_{méc} = \frac{1}{0{,}915}\left(1 - \frac{1 - (0{,}915)^2}{1 - 0{,}309}\right) = 84 \text{ pour } 100$$

et

$$\eta_{eff} = 39{,}6 \text{ pour } 100.$$

Ainsi la compression séparée se traduirait ici par une augmentation de 28 pour 100 sur le rendement thermique, de 4 pour 100 sur le rendement mécanique et de 34 pour 100 sur le rendement global effectif (1).

On remarquera une apparente contradiction entre ces résultats et ceux du tableau précédent. En effet, le travail de compression séparée C atteint ici 35 700 kg-m contre 32 150 kg-m dans le cas précédent. Il semble donc, contrairement à ce que nous prétendions, que la compression séparée, même lorsqu'elle se rapproche de l'isotherme, est moins avantageuse que celle qui s'effectue dans le cylindre même de la détente. C'est qu'en réalité la compression séparée exige, outre le travail de compression proprement dit, un travail supplémentaire de refoulement qui se retrouve d'ailleurs entière-

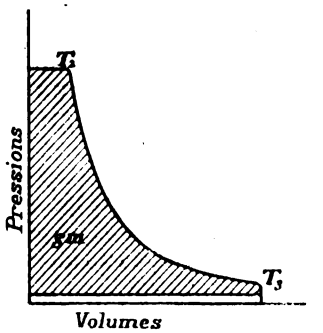


Fig. 4. — Diagramme de la détente.

ment dans le cylindre de détente sous forme de travail d'admission. De sorte que, dans le cas de la compression séparée, le travail utile indiqué, figuré par la sur-

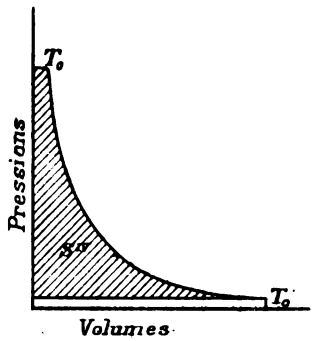


Fig. 5. — Diagramme de la compression séparée.

face S^v (fig. 6), résulte cette fois de la superposition des surfaces S^{m} (fig. 4) et S^{iv} (fig. 5), au lieu de S et S' (fig. 1 et 2).

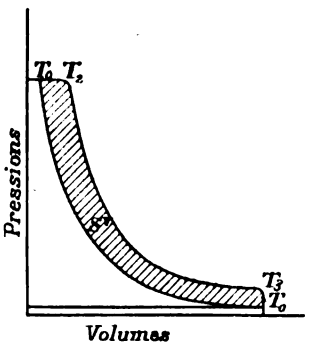


Fig. 6. — Superposition des diagrammes détente et compression séparée.

Ceci explique qu'en dépit d'un travail de compression plus élevé, le rapport $\frac{C}{D}$ reste néanmoins plus faible

(1) Nous avons eu l'occasion, dès 1914, d'examiner, au point de vue thermodynamique, un moteur qui a fait l'objet d'un brevet de M. Neu, et basé sur le principe de la compression séparée avec emploi de compresseurs à réfrigérants intermédiaires, mais à combustion *externe*. Les résultats théoriques sont fort bons et comparables à ceux des meilleurs Diesel, même avec les basses pressions initiales (10 à 12 kg : cm²) auxquelles M. Neu tenait à se limiter. Les températures, toutefois, doivent être du même ordre de grandeur que dans le Diesel, ce qui n'est pas sans soulever de sérieuses difficultés matérielles pour la réalisation d'un four sous pression où règneraient constamment des températures de 1 400° à 1 500°C. M. Neu pense qu'on pourrait remplacer la combustion dans le four par un simple réchauffage extérieur à température sensiblement plus basse, ce qui diminuerait évidemment la valeur des rendements mécaniques mais permettrait, par contre, l'emploi de combustibles peu coûteux (coke ou déchets divers). L'air d'échappement pourrait servir éventuellement au soufflage de la grille.

Digitized by Google

que précédemment, c'est-à-dire plus favorable au rendement mécanique.

Ces résultats ne seraient plus vrais si la compression séparée était adiabatique.

On peut répéter sur n'importe quel type de moteur à air le mode de raisonnement que nous venons d'appliquer au moteur Diesel, et établir de façon analogue des tableaux comparatifs qui montreront tous l'étroite dépendance du rendement mécanique et des températures initiales de détente.

Dans les machines à vapeur, au contraire, la température de la vapeur à l'admission n'exerce aucune influence directe et immédiate sur le rendement mécanique, mais bien sur le rendement thermique. On sait, en effet, que la surchauffe augmente notablement le rendement du cycle d'une machine à vapeur et que, seules, des difficultés d'ordre matériel ont empêché jusqu'ici de la pousser au delà de 400°C.

Ainsi l'influence des températures initiales de la détente se traduit sur le *rendement thermique* des machines à *compression thermique* de la même façon que sur le *rendement mécanique* des machines à *compression mécanique*. Sans vouloir pousser trop loin la comparaison, on sent bien qu'il y a là un certain parallélisme sur lequel nous aurons peut-être l'occasion de revenir.

L. Schwob,
Ingénieur-conseil.

Revues, analyses et informations

Pertes dans les dents de machines rotatives (1).

Ce calcul s'effectue actuellement tout à fait empiriquement en utilisant les résultats d'essais antérieurs; dans certains cas spéciaux, cette méthode est insuffisante et donne des résultats entièrement faux; c'est pourquoi l'auteur se propose d'étudier ces pertes d'une manière rationnelle. Par la méthode du galvanomètre balistique, il détermine les pertes supplémentaires, provenant des cycles d'hystérésis partiels qui se superposent à la boucle principale comme le montre

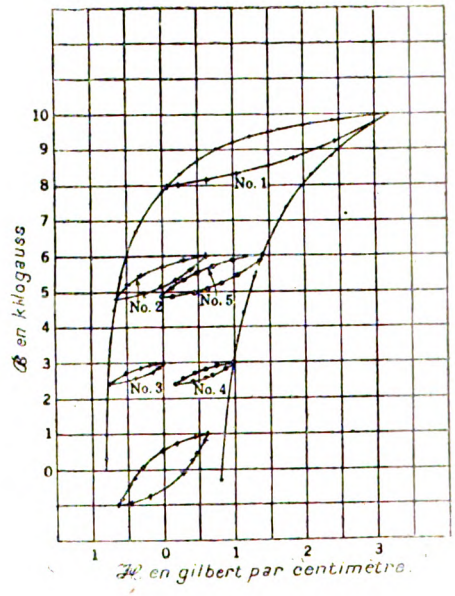


Fig. 1.

la figure 1 établie pour $\mathcal{B}_{max} = 10\,000$ gauss et une amplitude des boucles supplémentaires égale à 20 p. 100 de celle-ci; il reproduit aussi des courbes semblables pour $\mathcal{B} = 15\,000$ et 17 000 gauss avec la même amplitude des cycles supplémentaires ainsi que le tableau des pertes correspondantes. L'auteur utilise ensuite ces résultats au calcul des pertes dans les dents du stator d'un moteur asynchrone en supposant que la courbe de flux est une sinusoïde; dans ce cas, l'amplitude de chacune des boucles supplémentaires est proportionnelle au cosinus de l'angle de rotation, en degrés électriques, en supposant que $\mathcal{B}_m$ soit obtenu pour zéro degré.

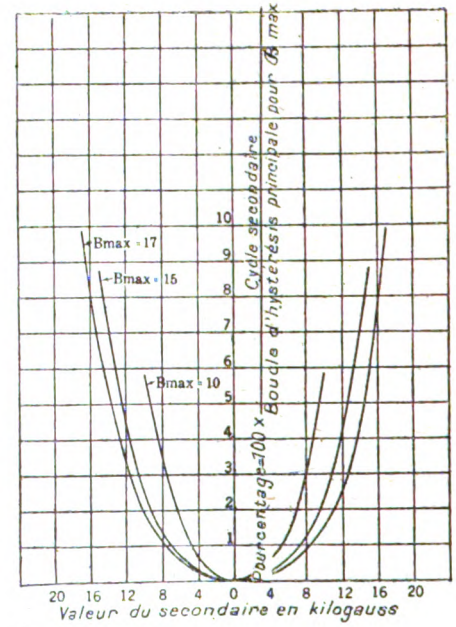


Fig. 2.

Supposons que le moteur ait dix-huit encoches par pôle, soit 10° par dent; si nous multiplions le cosinus de l'angle par $\mathcal{B}_{max}$, nous obtiendrons la valeur de chaque cycle supplémentaire correspondant aux abscisses de la figure 2. Prenons sur cette courbe le pourcentage de chaque intervalle

(1) Th. Spooner. *J. A. I. E. E.*, septembre 1921, t. XL, pages 751 à 756, 3500 mots, 8 fig., 6 tab.

Digitized by Google

de 10° jusqu'à 180°. En additionnant tous ces pourcentages et en multipliant par deux, nous obtenons le pourcentage total des pertes d'hystérésis supplémentaires pour un cycle complet. En effectuant ce calcul pour différents nombre de dents, on voit que les pertes sont directement *proportionnelles au nombre de dents*, on a alors :

$$P = kT, \qquad (1)$$

expression dans laquelle P est la perte supplémentaire en centièmes de la perte du cycle principal; K, une constante et T, le nombre de dents par paire de pôles; en supposant que les pertes soient proportionnelles à la puissance 1,6 de l'amplitude du cycle supplémentaire, l'auteur a calculé les valeurs du coefficient K, par la formule donnée ci-dessus, pour des amplitudes des cycles supplémentaires variant de 0 à 30 p. 100; la figure 3 donne les courbes du coefficient K ainsi

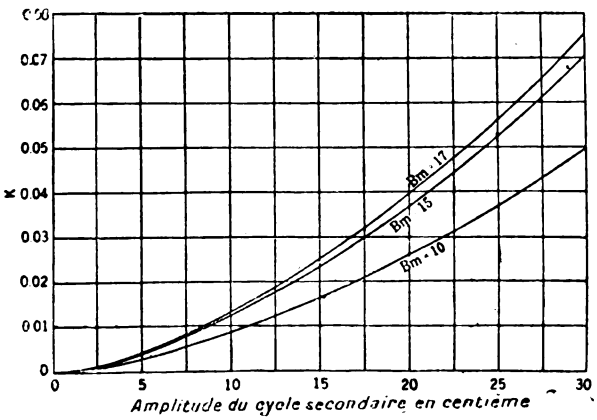


Fig. 3.

obtenu. Les pertes totales dues aux cycles supplémentaires sont exprimées par la relation :

$$W_{hd} = CKTf; \qquad (2)$$

C est la perte par hystérésis en watts par kilogramme et par cycle pour une certaine valeur de $\mathcal{B}_m$ pour la boucle principale et f, la fréquence fondamentale en périodes par seconde. L'auteur refait le même calcul pour les pertes par courants de Foucault, la résistivité des tôles utilisées actuellement est telle que la perte supplémentaire peut être négligée bien qu'elle ne soit pas nulle. Pour les tôles à 1 pour 100 de silicium de l'épaisseur usuelle, la perte par courants de Foucault, pour $\mathcal{B} = 10000$ et 60 p : s, est égale à 1 w par kilogramme et on peut admettre la formule approximative

$$W_e = 2,78 \times 10^{-6} \times \mathcal{B}^2 \times f^2, \qquad (3)$$

W_e étant exprimé en watts par kilogramme; $\mathcal{B}$, en kilogauss et f, en p : s. Dans le cas où le nombre de dents par pôle est égal à 18 (une dent pour 10 degrés), la fréquence des cycles secondaires est égale à 36 f, soit 2160 p : s pour $f = 60$ p : s et l'auteur calcule les pertes résultant des variations dans les dents pour cette fréquence avec une amplitude de 1000 par cycle. La formule (3) permet d'obtenir la perte supplémentaire en procédant comme pour la détermination des pertes par hystérésis; on trouve ainsi une perte égale à 1,08 watt par kilogramme; l'auteur en déduit une formule générale pour le calcul des pertes, qui est la suivante

$$W_{ed} = k\,(T \times l \times f \times P \times \mathcal{B}_m)^2, \qquad (4)$$

W_{ed} représente des watts par kilogramme; T, le nombre de dents par paire de pôles; l, l'épaisseur de la tôle (en inches); f, la fréquence fondamentale; P, l'amplitude des cycles secondaires en pour cent et $\mathcal{B}_m$, l'induction maximum en kilogauss; pour la tôle essayée, d'une épaisseur de 0,017 inches, la perte est égale à 1,08 w, de sorte que la constante K est égale à $1,96 \cdot 10^{-9}$ (pour l exprimée en centimètres, le coefficient K est égal à $0,32\ 10^{-9}$); ces données sont valables pour des tôles de résistivité égale à 23 microhms-cm; la résistivité des tôles peut être exprimée par la relation simple

$$R = a + \alpha S, \qquad (5)$$

R étant la résistivité en microhms-centimètre; $a = 12$, $\alpha = 11$; S est la teneur en silicium, en pour cent. Les pertes sont approximativement inversement proportionnelles à la résistivité. L'auteur applique les formules et courbes ci-dessus au calcul des pertes dans les dents, en admettant les données suivantes : tôles à 1 pour 100 de silicium, épaisseur 0,42 mm, 60 p : s, 40 dents par paire de pôles, amplitude de 20 p. 100 par cycle secondaire, $\mathcal{B} = 17000$, et perte de 12 w par kilogramme (pour la fréquence fondamentale). Les pertes par courant de Foucault seraient alors (formule 3)

$$W_e = 2,78\ 10^{-6} \times \overline{17}^2 \times 60 = 2,9 \text{ watts par kilogramme.}$$

les pertes par hystérésis des cycles secondaires, données par la formule (2) sont égales à

$$W_{hd} = \frac{12 - 2,9}{60} \times 0,0398 \times 40 \times 60^2 = 14,5;$$

les pertes par courants de Foucault dues aux cycles secondaires, déduites de la formule 4, sont égales à

$$W_{ed} = 0,32\ 10^{-9}\,(4 \times 0,042 \times 60 \times 20 \times 17)^2 = 0,38.$$

La perte totale par kilogramme de fer est donc

$$W_{total} = 12 + 14,5 + 0,38 = 26,9 \text{ w};$$

on voit, par cet exemple, que la perte supplémentaire due à l'hystérésis est relativement grande et que celle due aux courants de Foucault est à peu près négligeable devant la première. — E. B.

L'emploi de forces électromotrices, de courants et de flux imaginaires superposés aux valeurs réelles dans la solution des problèmes des courants alternatifs (1).

Les calculs des variables électriques sinusoïdales basées sur l'emploi des imaginaires peuvent se présenter sous l'un

(1) Vladimir Karapetoff. *J. A. I. E. E.*, janvier 1922, t. XLI, p. 11-13, 2500 mots.

Digitized by Google

des deux aspects suivants : soit sous la forme de calculs purement algébriques basés sur le remplacement de chaque variable par une expression exponentielle, soit sous la forme de calculs algébriques concrétisés par la traduction graphique des expressions imaginaires ou vectorielles.

La première forme du calcul limite la solution à l'obtention d'une expression algébrique. La seconde forme permet de représenter graphiquement, à une phase quelconque du calcul, l'expression obtenue et, par conséquent, de faire de cette méthode l'auxiliaire immédiat des méthodes graphiques.

L'auteur de cet article limite son exposé à la première forme du calcul par imaginaires, qu'il applique aux trois problèmes types suivants :

1° Détermination du courant dans un circuit contenant en série une résistance, une inductance et une capacité; la solution est obtenue en superposant une force électromotrice imaginaire à la tension appliquée;

2° Détermination de la distribution des courants induits dans un conducteur rectangulaire placé dans une encoche d'armature; la solution est obtenue par la superposition de courants imaginaires aux courants réels;

3° Détermination de la force magnémotrice ou du flux dû à un système symétrique de n phases.

Les deux premiers problèmes sont bien connus; nous ne résumerons que la solution du troisième, plus nouvelle.

On sait que n forces magnétomotrices alternatives et sinusoïdales, d'amplitude M, déphasées dans le temps de $\frac{2}{\pi n}$ et décalées dans l'espace de $\frac{2\pi}{n}$ produisent une force magnétomotrice glissante, d'amplitude $\frac{1}{2} nM$.

La preuve peut en être obtenue en superposant une force magnétomotrice imaginaire à la force magnétomotrice réelle.

Simplifions les formules en choisissant, d'une part, l'unité de temps telle qu'une période complète corresponde à 2π unités de temps, d'autre part, l'unité de longueur telle qu'une onde complète de la force magnétomotrice s'étende sur 2π unités. Dans ces conditions, la force magnétomotrice instantanée due à la première phase à un point x et à l'instant t a pour expression

$$(1) \qquad m' = M \cos t \cos x.$$

Superposons à cette force magnétomotrice une force magnétomotrice qui, par rapport à la première, est en quadrature dans le temps et en coïncidence dans l'espace, et dont la forme est ainsi la suivante

$$(2) \qquad jm'' = jM \sin t \cos x.$$

Cette addition donne la force électromotrice complexe (1)

$$(3) \qquad m = m' + jm'' = M \cos x \exp. jt.$$

(1) La notation exp. jt remplace ici la notation habituelle par exponentielle d'une reproduction typographique moins facile.

Mais, en utilisant la formule suivante de la trigonométrie des angles complexes

$$(4) \qquad \cos x = \frac{\exp. jx + \exp. (-jx)}{2},$$

l'expression (3) s'écrit aussi

$$(5) \qquad m = M \frac{\exp. j(t+x) + \exp. j(t-x)}{2}.$$

Cette dernière relation montre qu'une force magnétomotrice d'amplitude M peut être décomposée en deux forces magnétomotrices glissantes, de sens opposé, ayant chacune une amplitude $\frac{M}{2}$.

Nous pouvons maintenant ajouter à la force magnétomotrice dans chaque phase une force magnétomotrice imaginaire; la pulsation complexe résultante étant encore, comme ci-dessus, composée de deux ondes glissantes. Par analogie avec l'équation (5), les expressions de ces ondes seront les suivantes

$$(6) \quad \begin{cases} m_1 = \frac{M}{2} \exp j(t+0+x+0) + \frac{M}{2} \exp j[t+0-(x+0)] \\ m_2 = \frac{M}{2} \exp j(t+\delta+x+\delta) + \frac{M}{2} \exp j[t+\delta-(x+\delta)] \\ \dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots \end{cases}$$

L'angle δ correspond au déplacement dans l'espace et dans le temps entre deux phases adjacentes; on a donc

$$\delta = \frac{2\pi}{n}.$$

La force magnétomotrice résultante est égale à la somme de $m_1 + m_2 + m_3 +$ etc.

On démontre aisément que cette somme complexe a simplement pour expression

$$\frac{nM}{2} \exp. j(t-x).$$

Supprimons maintenant la force magnétomotrice imaginaire, on obtient une force magnétomotrice totale réelle ayant pour expression

$$\frac{nM}{2} \cos (t-x),$$

dont l'amplitude est égale à $\frac{nM}{2}$.

Lv.

Digitized by Google

SECTION INDUSTRIELLE

Sur l'électrification des chemins de fer au moyen de courants alternatifs de fréquence élevée

Une légère modification à un dispositif permettant la transformation d'un courant continu en courant alternatif de fréquence élevée, décrit dans la « R. G. E. » du 19 août 1922, t. XII, p. 259-261, a permis à M. Maurice Leblanc d'envisager l'alimentation d'une ligne de transmission d'énergie pour la traction par l'électricité, le récepteur d'énergie électrique n'ayant aucun point de contact avec la ligne de transmission. Outre l'avantage qui consiste à supprimer les contacts glissants, signalons que les courants induits dans les lignes télégraphiques et téléphoniques seraient sans actions sur leurs récepteurs, à cause de leur grande fréquence. La description de ce nouveau dispositif a fait l'objet d'une note présentée à la séance du 17 juillet 1922 de l'Académie des Sciences, que nous reproduisons ci-après.

Introduction. — Il est difficile d'alimenter, un véhicule animé d'une grande vitesse, par des courants très intenses au moyen d'un contact glissant. En élevant leur tension, on diminuait leur intensité et cela facilitait leur captage, tout en économisant du cuivre. C'est pourquoi on voulait se servir de courants alternatifs, de fréquence usuelle, en les transformant sur la locomotive, avant leur envoi dans les moteurs. Mais on a dû y renoncer, parce que ces courants troublaient les communications télégraphiques et téléphoniques dans le voisinage de leur ligne de transmission.

Or, si l'on se servait de courants alternatifs de fréquence élevée, 20 000 p : s par exemple, et si on les faisait circuler dans des conducteurs tendus au-dessus des voies, ils pourraient en *induire* d'autres dans un circuit porté par les voitures d'un train et s'étendant au-dessus d'elles, parallèlement à ces conducteurs. *Il n'y aurait plus de contact glissant.* D'autre part, les courants induits dans les lignes télégraphiques et téléphoniques seraient sans action sur leurs récepteurs, à cause de leur fréquence, et, pour les empêcher de produire des surtensions dans les lignes télégraphiques à simple fil, il suffirait de relier celles-ci à la terre, de distance en distance, par des condensateurs qui laisseraient passer, en ne leur opposant qu'une très faible impédance, les courants de fréquence 20 000 p : s, mais arrêteraient les courants télégraphiques.

I. **Ligne de transmission.** — Pour fixer les idées, supposons cette ligne constituée par deux conducteurs parallèles et horizontaux, distants l'un de l'autre de 1,25 m, situés à 4 m au-dessus des rails et symétriquement disposés, par rapport à un plan vertical passant par le milieu de la voie.

Chaque conducteur se compose de deux tubes concentriques de 1 mm d'épaisseur. Le diamètre extérieur du tube intérieur est de 20 mm, celui du tube extérieur de 26 mm. Ils sont séparés par un diélectrique épais de 2 mm, dont nous supposons le pouvoir inducteur spécifique égal à 2 et la rigidité électrostatique égale à 400 000 v : cm.

Ces tubes sont interrompus de distance en distance (fig. 1) et chacun d'eux est divisé en tronçons de même

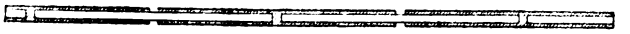


Fig. 1.

longueur, isolés les uns des autres, mais les points d'interruption d'un tube sont à égale distance de ceux de l'autre. La ligne se compose ainsi de condensateurs identiques associés en série.

Son coefficient de self-induction est de $3{,}751.10^{-3}$ henry par kilomètre. La capacité d'un condensateur élémentaire long de 1 km serait de $0{,}6094.10^{-6}$ farad. Pour que la ligne résonne, lorsqu'elle est parcourue par des courants de fréquence 20 000 p : s, chacun des tronçons doit avoir une longueur de 47,3 m. Nous y ferons passer 100 A, au plus ; la tension supportée par le diélectrique sera alors de 5 542 v alors qu'il en faudrait 80 000 pour le percer. Enfin la capacité en dérivation de la ligne, compte tenu de la présence du sol, est de $0{,}0125\ 10^{-6}$ farad par kilomètre. Pour compenser ses effets, on doit brancher, tous les kilomètres, entre les deux conducteurs d'aller et de retour, une bobine ayant un coefficient de self-induction de 0,00507 henry.

II. **Alimentation de la ligne de transmission.** — Une ligne primaire parcourue par un courant continu à haute tension dessert des postes de transformation (fig. 2), semblables à celui décrit dans notre note du 10 juillet 1922, mais le transformateur desservant le réseau d'alimentation est remplacé par un second résonateur Le accordé pour la fréquence 20 000 p : s, comme le résonateur, L_1. La ligne secondaire XX, où l'on veut envoyer le courant alternatif, est en forme de boucle et branchée entre les bornes de la bobine L.

Digitized by Google

Alors, comme l'a démontré jadis M. Boucherot, si une différence de potentiel efficace constante est maintenue entre les bornes du résonateur Lc, la ligne XX est parcourue par un courant d'intensité efficace constante *quelle que soit son impédance*. Enfin, si sa self-induction est compensée par des capacités, comme dans le cas actuel, le courant qui traverse le résonateur Lc est complètement watté.

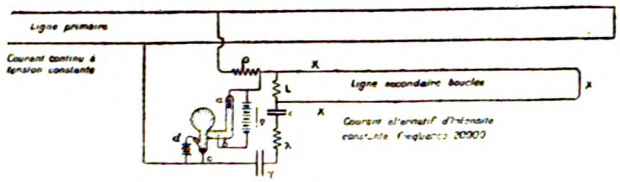


Fig. 2.

III. **Circuits induits des voitures.** — Sur les toits des voitures (fig. 3 et 4) sont disposés, à 1,25 m l'un de l'autre, deux tubes m et n de 10 cm de diamètre et de

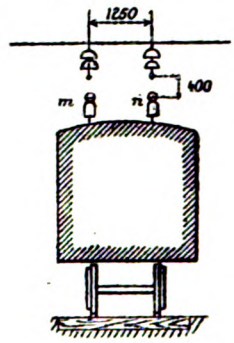


Fig..

2 mm d'épaisseur. Chacun s'étend au-dessous d'un des conducteurs de la ligne de transmission avec une distance, d'axe en axe, de 40 cm.

Ces tubes sont portés par des isolateurs et reliés à ceux des voitures suivantes par des conducteurs

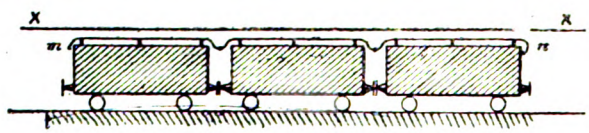


Fig. 4.

souples munis de raccords mâle et femelle. A l'extrémité du train, les deux brins prolongeant les tubes sont accouplés entre eux et ferment le circuit, qui, en tête du train, est fermé par les appareils de transformation.

Par mètre de longueur, ce circuit a, avec la ligne, un coefficient d'induction mutuelle de $458{,}7\ 10^{-9}$ henry ; son coefficient de self-induction est de $2575\ 10^{-9}$ henry. En y faisant passer un courant de 1735 A, on détermine, dans la ligne, une chute de tension de 100 V par mètre de longueur, en lui prenant 10 kw.

Mais il faut, pour cela, que le circuit induit résonne. Dans ce but, chaque voiture porte un condensateur intercalé dans ce circuit. Supposons qu'elle ait 13 m de longueur entre tampons, son condensateur doit avoir une capacité de 1,892 microfarad : il supporte alors une tension de 7300 V efficaces et emmagasine 101 joules ; la puissance rendue disponible sur la voiture est de 130 kw.

IV. **Maintien de la résonance.** — Pour que le circuit induit résonne, il faut qu'il soit parfaitement accordé et l'accord doit être maintenu automatiquement. Dans ce but, la voiture automotrice est munie d'une self-induction variable D (fig. 5) intercalée dans le circuit induit du train et composée de deux bobines l_1 et l_2, la première fixe, la seconde mobile : elle passe d'un minimum à un maximum lorsque la bobine l_2 tourne de 180°. Un moteur G meut celle-ci dans un sens ou dans l'autre, suivant qu'il convient de diminuer ou d'augmenter la self-induction du circuit induit.

Les mouvements du moteur G sont commandés par un appareil comprenant une self-induction variable E

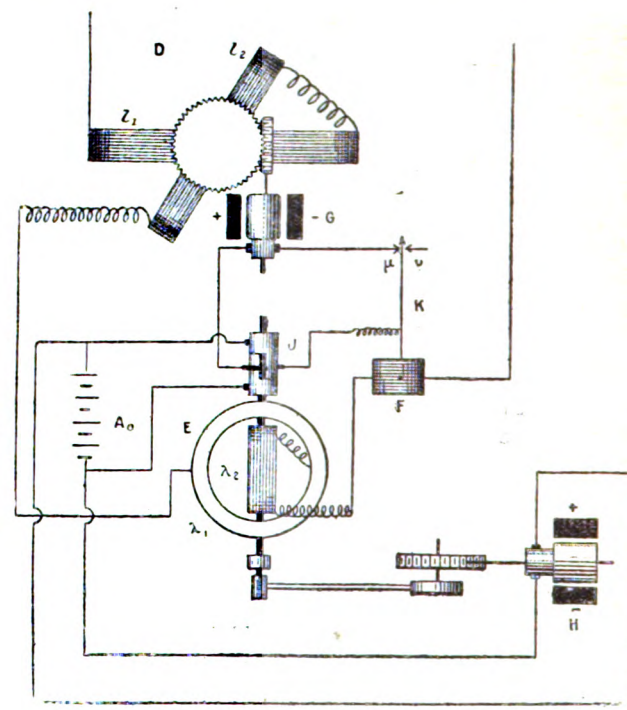


Fig. 5.

composée d'une petite bobine fixe λ_1 et d'une petite bobine λ_2, qu'un moteur H fait constamment osciller autour d'un plan perpendiculaire à la bobine λ_1. Les bobines λ_1 et λ_2 sont montées en série dans le circuit induit, ainsi que les bobines l_1 et l_2 et un galvanomètre F, dont l'aiguille repose à frottement doux sur son axe.

En oscillant, la bobine λ_2 augmente ou diminue d'une petite quantité la self-induction du circuit induit et, par suite, y fait varier l'intensité i du courant de 1 pour 100 par exemple. L'aiguille du galvanomètre

Digitized by Google

peut se déplacer d'une très petite quantité entre deux pointes μ et ν. Si elle s'appuie sur la pointe μ, elle ferme, par l'intermédiaire d'un relais non représenté sur la figure, le circuit du moteur G. Elle l'ouvre au contraire, si elle s'appuie sur la pointe ν. Elle s'appuie sur la pointe μ si l'intensité i augmente, et sur la pointe ν, si cette intensité diminue.

Un inverseur monté sur l'axe de la bobine λ_2 envoie dans l'induit du moteur, dont les inducteurs sont toujours excités de la même manière, un courant d'un sens ou de l'autre, suivant que la bobine λ_2 s'est inclinée à gauche ou à droite. Les connexions sont établies de manière que le moteur fasse croître la self-induction de D si la self-induction de E a augmenté et réciproquement, mais il ne se met en marche que si le déplacement de la bobine λ_2 a déterminé un accroissement de l'intensité i et s'arrête dès que celle-ci cesse de croître. Dans ces conditions, la self-induction de D varie automatiquement de manière à rendre maximum l'intensité i du courant dans le circuit induit.

V. **Commande des moteur du train**. — Si le train a A mètres de longueur, on dispose, dans la voiture de tête, d'une puissance de 10 A kilowatts apportée par des courants alternatifs de fréquence 20 000 p : s, fournis sous la tension de 5,76 A volts. Mais on peut modérer à volonté cette puissance en désaccordant le circuit induit des voitures et, par suite, limiter à volonté l'intensité du courant fourni. Il suffit, pour cela, d'ajouter au système une bobine de self-induction que manœuvrera le wattmann.

Ces courants seront transformés, comme nous l'avons dit dans notre note du 10 juillet dernier, en courants triphasés, d'une fréquence aussi basse que l'on voudra et que l'on fera varier avec la vitesse du train. Cela permettra d'employer des moteurs à cage d'écureuil, les plus simples de tous, qu'il n'y aura aucun inconvénient à répartir sous les voitures, en les rendant toutes automotrices. Ils seront associés en série, la force électromotrice dont on disposera étant proportionnelle au nombre des voitures et, par suite, au nombre de ces moteurs.

Non seulement ce système dispense de l'emploi de contacts glissants, mais il permet d'envoyer dans la ligne de transmission des courants de très haute tension, et de recueillir des courants de tension modérée sur le train, soit de 75 v environ par voiture. La ligne constitue en effet le circuit primaire d'un transformateur, dont le circuit secondaire est le circuit induit porté par les voitures. Tous les appareils de transformation sont statiques, à l'exception d'un commutateur, qui ne coupe que des microampères, et les appareils de contrôle se réduisent à une bobine de self-induction variable et au très petit rhéostat destiné à régler la vitesse du commutateur. Enfin, il permet de n'employer que des moteurs d'induction à cage d'écureuil.

Ce système paraît donc devoir être beaucoup plus simple et plus économique que les systèmes actuels à tous les points de vue.

On aura, certes, bien des difficultés à surmonter avant de réaliser les ampoules à trois électrodes de grande puissance nécessaires pour produire ou transformer les courants alternatifs de fréquence élevée. Mais, nous avons cru devoir signaler, dès à présent, cette très importante application pour montrer l'intérêt que présente l'étude de ces ampoules et nous serions heureux si nous pouvions la mettre à l'ordre du jour.

Maurice Leblanc.

Cahier des charges pour la fourniture des lampes à incandescence à filament métallique dans le vide [1]

Etabli par l'Union des Syndicats de l'Electricité, le 8 février 1922 sur étude de la 4e Commission

Chap. I. — Conditions générales.

Article premier. — *a*) L'unité d'intensité lumineuse est la bougie décimale légale en France.

b) L'intensité lumineuse inscrite sur les lampes dans le vide est l'intensité maximum dans le plan perpendiculaire à l'axe de la lampe.

c) L'intensité moyenne sphérique est de 0,8 fois environ l'intensité maximum pour les lampes de forme ordinaire.

Art. 2. — Les présentes conditions ne sont valables que pour les livraisons d'au moins 200 lampes du même type.

Elles ne sont applicables qu'aux types de lampes normaux, lesquels sont indiqués dans le tableau de l'article 7.

Art. 3. — Les lampes sont essayées au point de vue :

1° De la qualité des matériaux et des conditions de fabrication ;

2° De l'intensité lumineuse et de la consommation en watts ;

3° De la durée.

Art. 4. — Pour effectuer les essais prévus à l'article précédent, il est prélevé en usine, par le client, un certain nombre de lampes sur la fourniture. Ce nombre est égal à 10 pour 100 des lampes de chaque type. Pour tout lot comportant moins de 500 lampes de même type, l'examen porte sur 50 lampes. Chaque type com-

[1] On trouve des exemplaires de ce cahier des charges et des graphiques qui l'accompagnent au siège de l'Union des Syndicats de l'Electricité, 25, boulevard Malesherbes, Paris VIIIe.

Digitized by Google

prend les lampes de même intensité lumineuse et de même tension.

Le lot ainsi préparé sert à effectuer les essais prévus aux paragraphes de l'article 3.

Sur les lampes examinées, il est choisi, après les mesures photométriques et électriques, 2 pour 100 du nombre des lampes de chaque lot présenté, sans que ce prélèvement puisse être inférieur à 5 lampes de chaque type. Les lampes ainsi choisies pour l'essai de durée doivent répondre aux conditions du cahier des charges.

Chap. II. — **Essai des matériaux.**

Art. 5. — *Ampoules.* — Les ampoules doivent être claires, sans défaut et de forme symétrique, et avoir les dimensions prévues par le constructeur, à 5 pour 100 près.

Culots. — Les culots sont rigoureusement établis selon les règles édictées par l'Union des Syndicats de l'Electricité. Ils sont solidement fixés à l'ampoule au moyen d'un ciment non hygroscopique.

Les axes du culot et de l'ampoule doivent coïncider.

Les fils de connexion doivent être soudés sans acide.

Filament. — Le filament sera régulier. En allumant une lampe sous une tension égale à 40 pour 100 de sa valeur normale, le filament devra fournir une ligne lumineuse régulière et homogène, les différences d'éclat constituant des défauts.

Isolement. — La résistance d'isolement entre le filament et la bague métallique ne devra pas être inférieure à 1 000 mégohms.

Marque. — Chaque lampe doit porter sur le culot ou sur l'ampoule les indications suivantes :

1° L'intensité lumineuse en bougies décimales ou la consommation en watts ;

2° La tension d'utilisation ;

3° La marque du fabricant ou du vendeur.

Emballages. — Chaque lampe doit être emballée dans une enveloppe individuelle, reproduisant les indications du culot. Les lampes sont groupées dans des caisses ou dans des cartons munis d'étiquettes indiquant exactement la spécification du contenu.

Art. 6. — Si 10 pour 100 des lampes prélevées pour essais ne satisfont pas aux prescriptions de l'article précédent, le lot pourra être refusé.

Chap. III. — **Vérification de l'intensité lumineuse et de la consommation en watts.**

Art. 7. — Les mesures de l'intensité lumineuse et de la consommation spécifique doivent être faites à la tension indiquée sur le culot, après que la lampe aura brûlé 20 heures à cette tension.

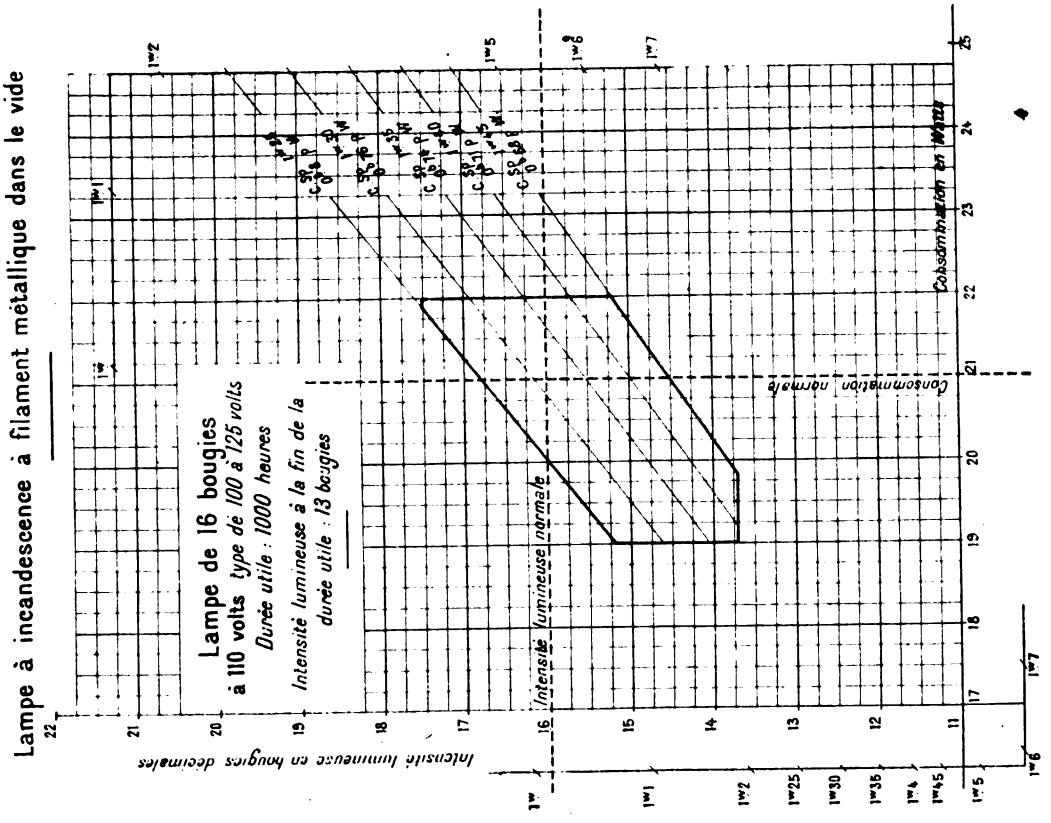
L'intensité lumineuse mesurée et la consommation spécifique ne doivent pas s'écarter des valeurs indiquées au tableau A ci-joint. Si plus de 5 pour 100 des lampes soumises à ces essais ne satisfont pas à ces conditions, le lot dont elles font partie pourra être refusé.

Tableau A (Art. 7).

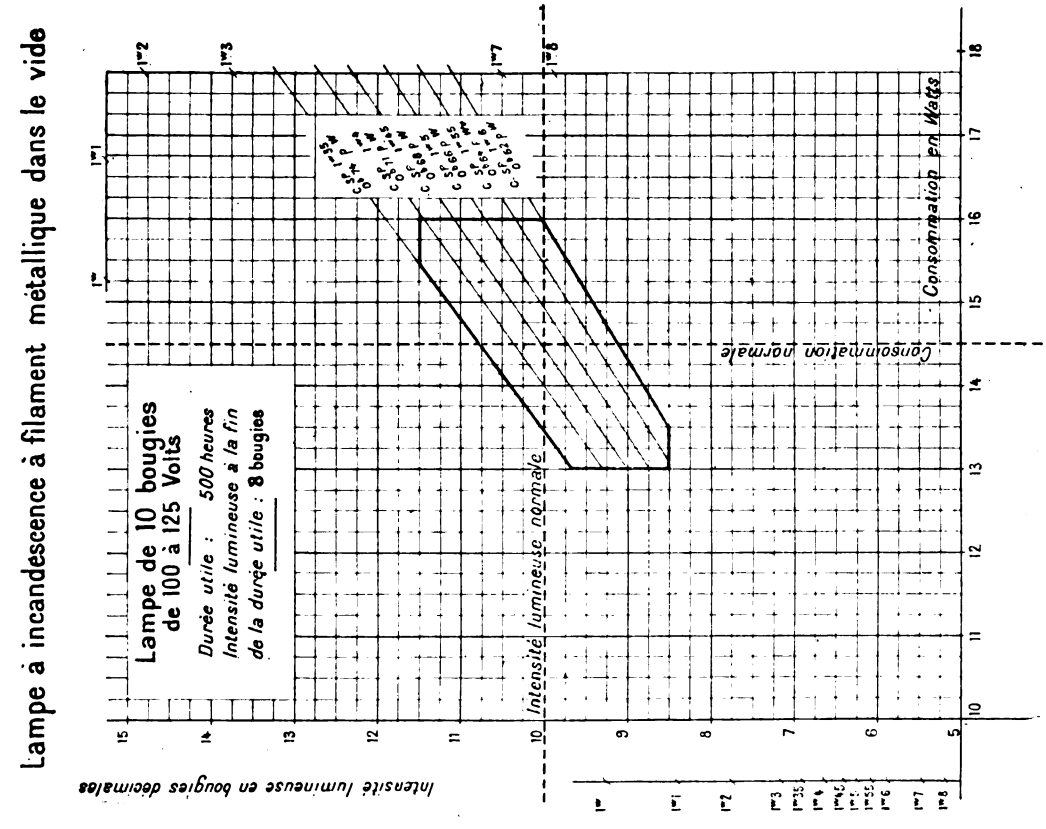
Intensité lumineuse normale, en bougies décimales *a*	Limites d'intensité lumineuse, en bougies décimales *b*	Consommation spécifique normale, en watts par bougie décimale *c*	Limites des consommations spécifiques par bougie décimale *d*	Consommation normale, en watts *e*	Limites de la puissance consommée, en watts	Durée utile, en heures *g*	Limites inférieures de l'intensité lumineuse à la fin de la durée utile *h*
			Lampes de 100 à 125 volts.				
10	8.5 11.5	1.45	1,35 1,60	14.5	13 16	500	8
16	13.7 17.5	1,31	1,25 1,45	21.0	19 22	1 000	13
25	21,7 28,2	1.24	1,15 1,35	31.0	28 33	1 000	20
32	27,7 36,0	1.23	1,15 1.35	39.5	36 42	1 000	25
50	45 55	1,23	1,15 1,35	61.5	56 65	1 000	40
100	90 110	1,23	1,15 1,35	123.0	115 130	1 000	80
			Lampes de 190 à 220 volts.				
16	13.5 18	1.44	1.35 1.60	23	20 25	500	12
25	21,5 28.2	1.30	1.20	32.5	29 35	800	20
32	27,2 36,2	1.30	1.20 1,45	41,5	37 44	800	25
50	44 56.2	1.25	1.15 1,35	52,5	57 67	800	40
100	87 112	1.23	1.15 1.25	123.0	115 132	800	80

Digitized by Google

Lampe à incandescence à filament métallique dans le vide

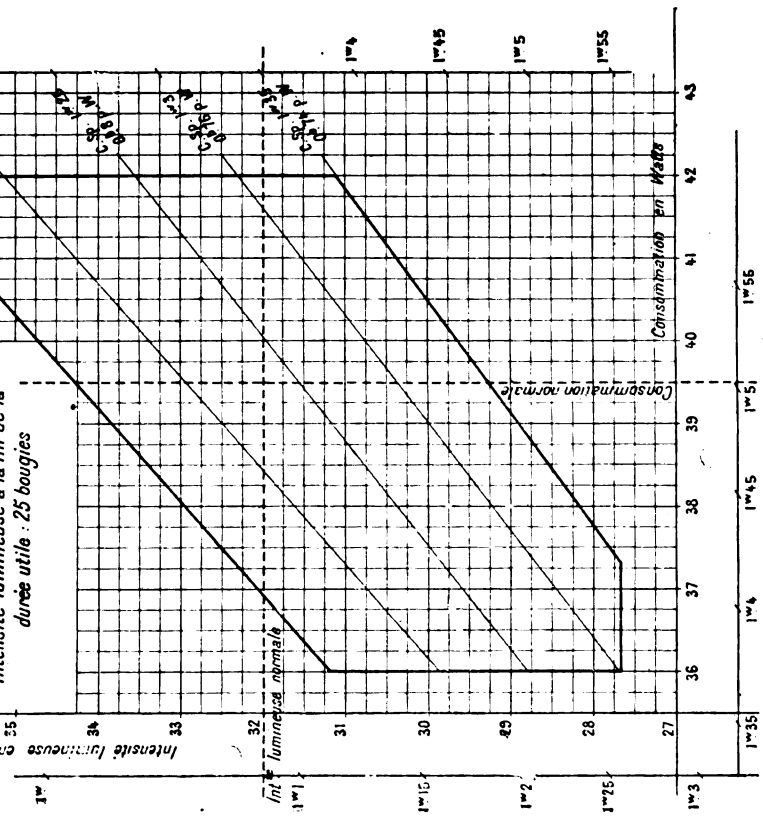


Lampe à incandescence à filament métallique dans le vide

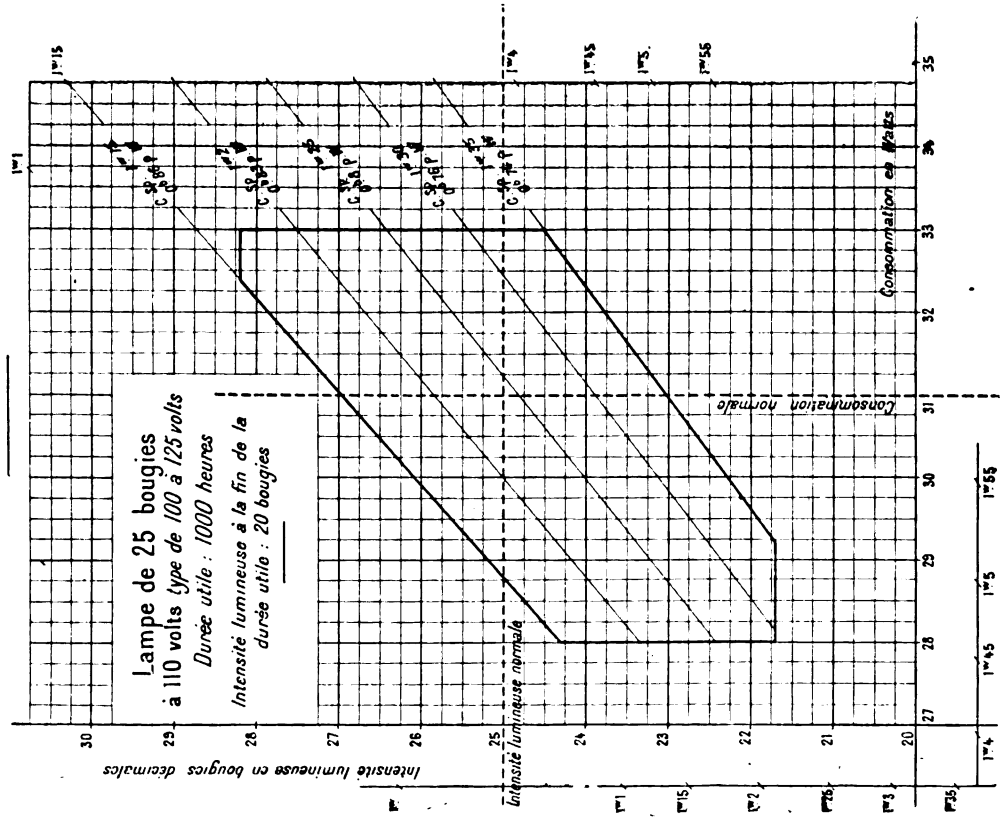


Digitized by Google

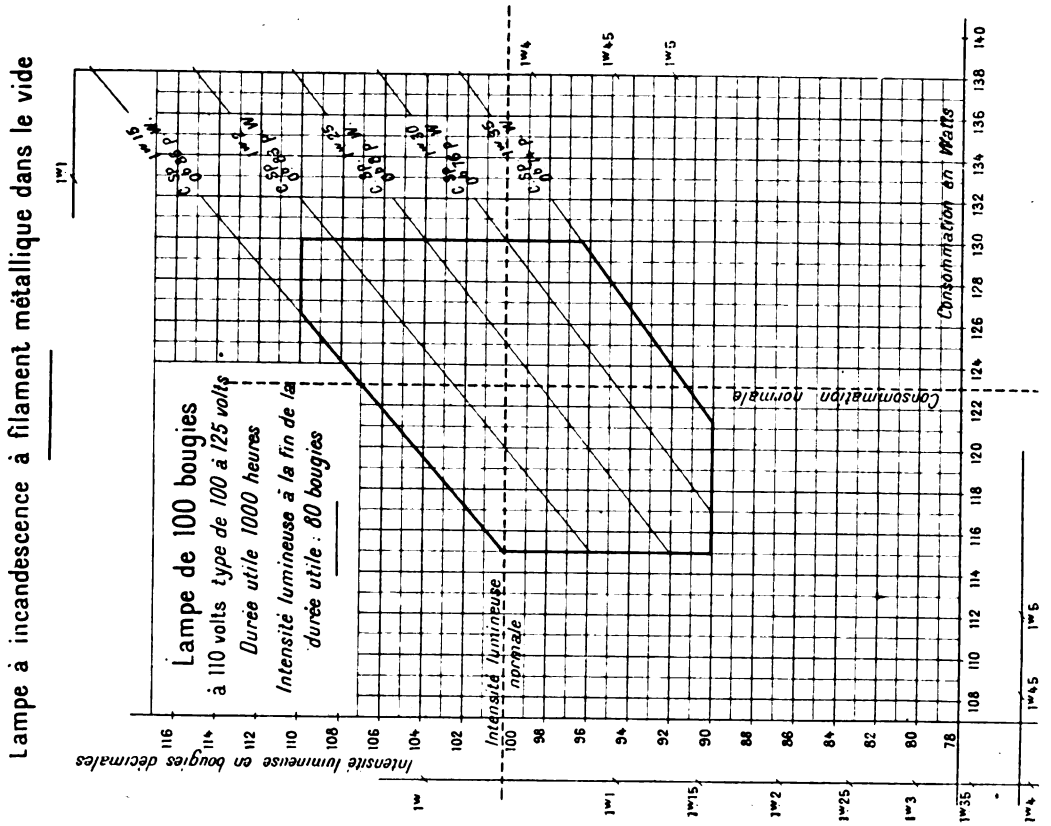
Lampe à incandescence à filament métallique dans le vide

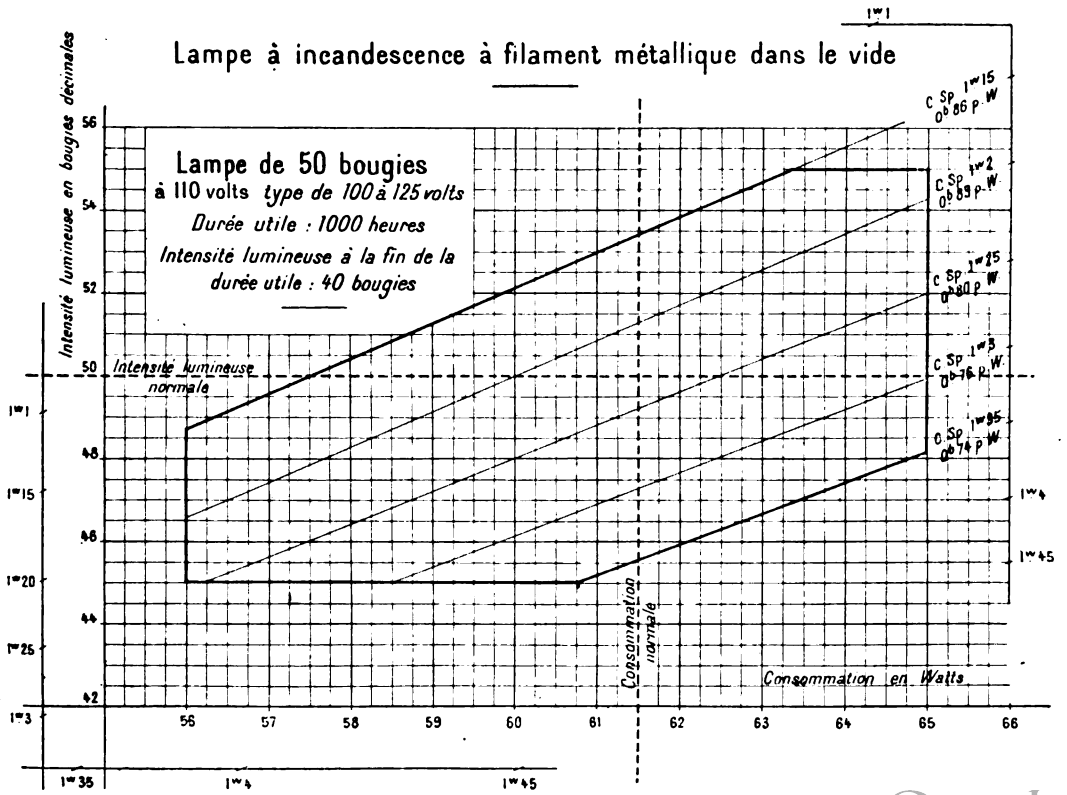


Lampe à incandescence à filament métallique dans le vide



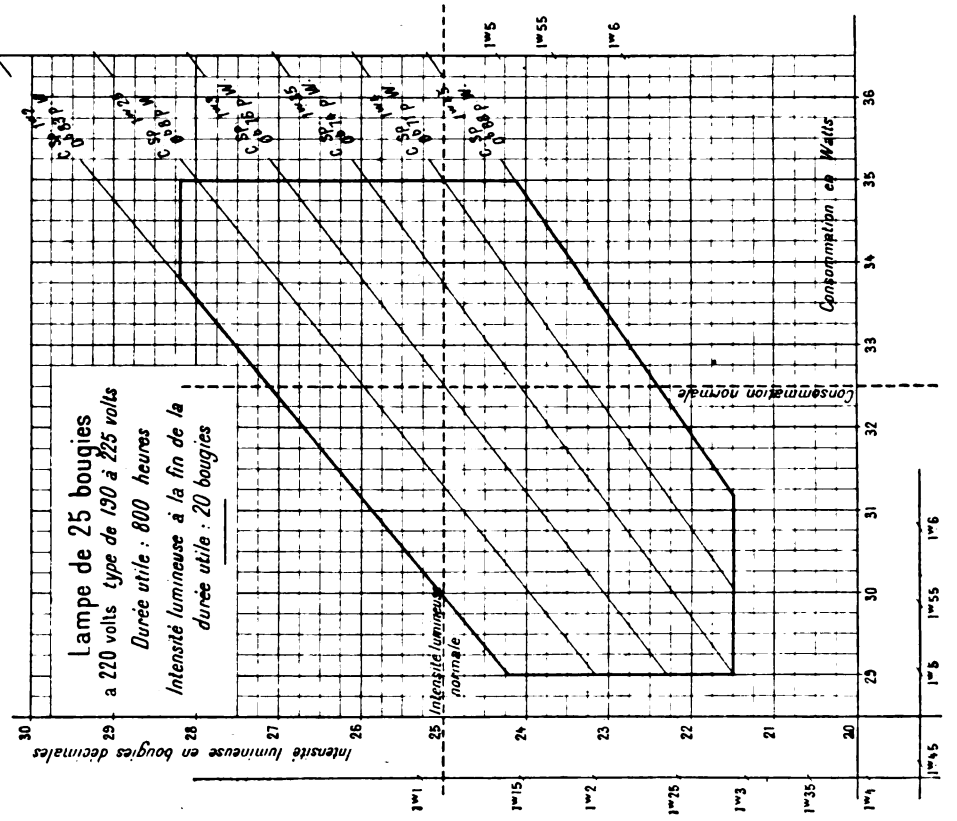
Digitized by Google



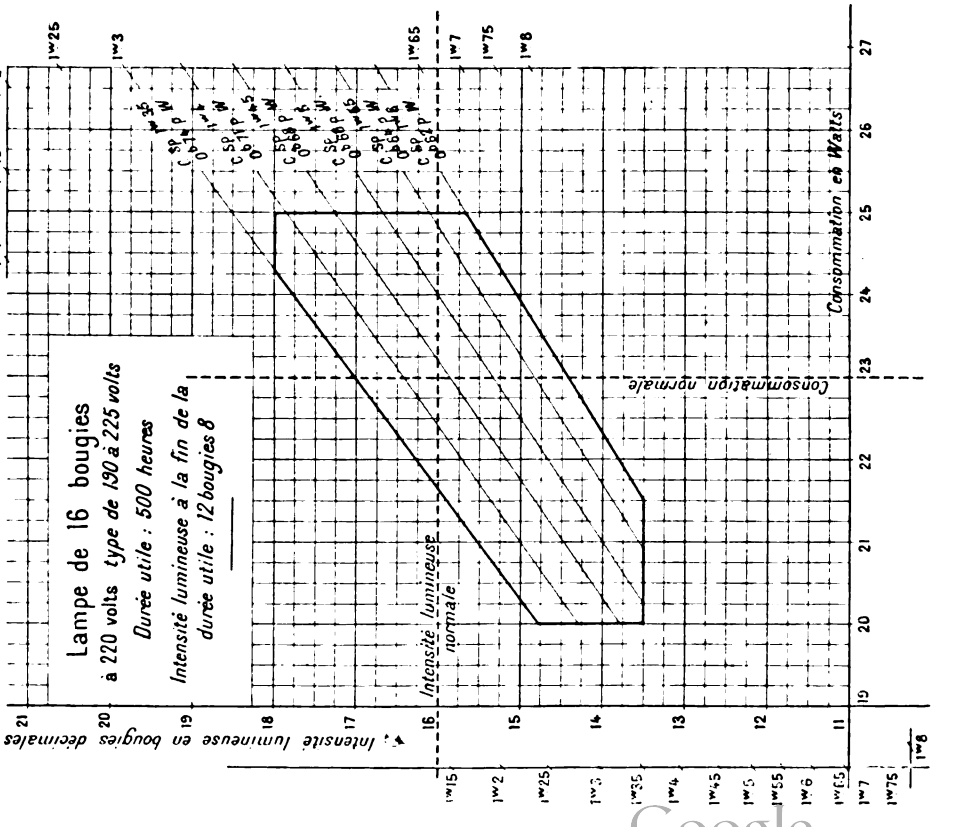


Digitized by Google

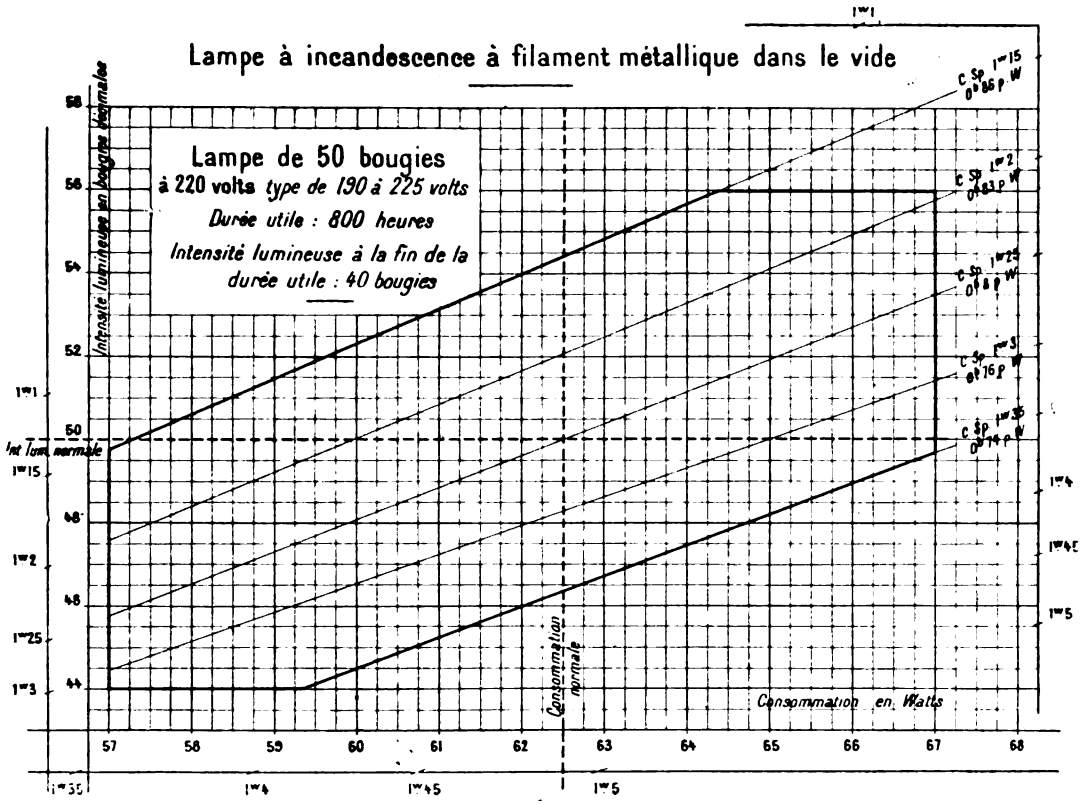
Lampe à incandescence à filament métallique dans le vide

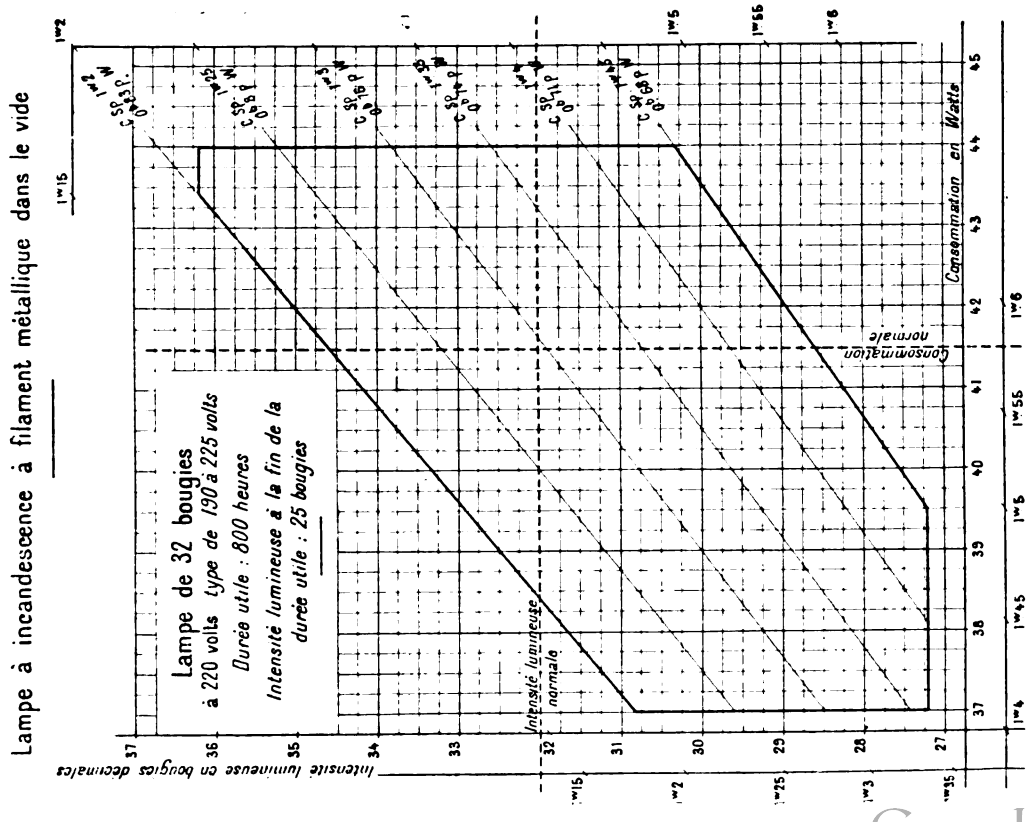


Lampe à incandescence à filament métallique dans le vide



Digitized by Google





Digitized by Google

Chap. IV. — Essai de durée.

Art. 8. — Les lampes doivent être essayées à la tension indiquée sur la lampe. Elles seront maintenues allumées pendant la durée prévue au tableau A (p. 278), et la variation de la tension, pendant ce temps, ne sera pas supérieure à ± 2 pour 100.

La durée utile est le temps pendant lequel la lampe fonctionne à cette tension avant que son intensité lumineuse exprimée en bougies décimales soit descendue au-dessous du nombre indiqué à la dernière colonne du tableau.

Ce nombre a été calculé en réduisant de 20 pour 100 l'intensité lumineuse normale inscrite sur la lampe.

Art. 9. — Un envoi de lampes peut être refusé lorsque plus de 20 pour 100 des lampes soumises à l'essai n'atteignent pas la durée utile.

Les lampes endommagées au déballage ne comptent pas pour l'essai.

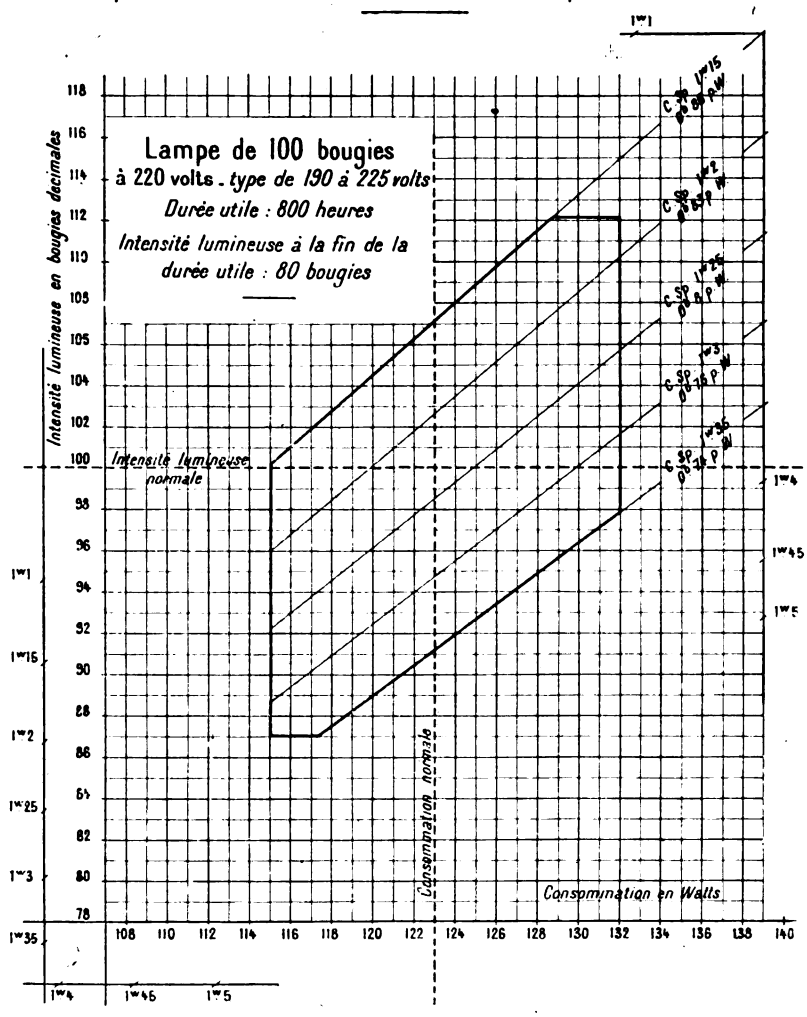
Art. 10. — Les essais de durée ne sont exécutés que sur un ordre spécial du client. Ils peuvent être effectués, soit dans un laboratoire désigné par ce dernier, soit à l'usine du fabricant ou chez le vendeur, si ce dernier y consent.

Dans le cas où les essais ont lieu à l'usine du fabricant ou chez le vendeur, celui-ci mettra, à ses frais, à la disposition des agents du client, tout le matériel nécessaire pour effectuer les essais. Le courant sera également fourni par le fabricant ou le vendeur, mais restera à la charge du client.

Dans le cas où les essais sont effectués dans un laboratoire désigné par le client, les frais d'essai sont à la charge de celui-ci et le fabricant ou le vendeur a le droit de suivre les opérations et doit avoir communication des résultats obtenus chaque fois qu'il en fait la demande.

Art. 11. — Lorsque, pour une des raisons précitées, le rebut d'un lot de lampes a été prononcé, et si une livraison partielle a été effectuée sur ce lot, avant que les essais soient terminés, le client a le droit de retourner au fabricant ou au vendeur, en port dû, les lampes déjà livrées, à la condition que celles-ci n'aient pas été mises en service.

Lampe à incandescence à filament métallique dans le vide



Annexe.

Notes et graphiques relatifs aux réceptions des lampes à incandescence à filament métallique dans le vide.

Les données du tableau A (art. 7) fixant les limites entre lesquelles doivent être compris les différents éléments caractéristiques des lampes à incandescence peuvent être représentés graphiquement, comme nous l'indiquons sur les planches ci-jointes.

En portant en abscisses les consommations en watts et en ordonnées, les intensités lumineuses (en bougies décimales), on aura, pour chaque type de lampe, un ensemble de droites limitant une région du plan dans laquelle devra tomber le point qui caractérise une lampe répondant aux conditions d'essais du cahier des charges (consommation et intensité lumineuse).

En effet, les limites de consommation seront représentées par deux droites parallèles à l'axe des ordonnées, — les limites d'intensité lumineuse par deux droites parallèles à l'axe des abscisses, — les consommations spécifiques par deux droites passant par l'origine ($x = o$, $y = o$).

Ces six droites déterminent un contour polygonal fermé. Tout point intérieur à ce contour correspond aux conditions du cahier des charges.

Ces graphiques permettront, à l'aide de deux mesures et

Digitized by Google

sans calcul, de procéder aux réceptions. Ils permettront, en outre, de juger de l'uniformité de la fabrication, puisque les points indiqués au cours d'une réception viendront, dans ce cas, se grouper les uns à côté des autres.

Une première série de six graphiques concerne les lampes à 100-125 v.

Une seconde série de cinq concerne les lampes à 190-225 v.

Sur chacun de ces graphiques, la consommation normale et l'intensité lumineuse normale ont été indiquées. Les consommations spécifiques ont été représentées pour les valeurs qui tombent à l'intérieur du contour. Les lignes représentant les consommations spécifiques voisines ont été amorcées.

Normalisation des fils méplats

Adoptée par le Comité de direction, le 14 juin 1922, sur étude de la quatrième Commission de l'Union des Syndicats de l'Électricité.

Cette normalisation est basée sur la progression géométrique de raison $\sqrt[30]{10}$, qui répond d'une manière convenable au cas des conducteurs méplats.

1° Largeurs.

1	1,08	1,15	**1.25**	1,35	1,45	**1.6**	1,7	1.85
2	2,15	2,3	**2,5**	2,7	2,9	**3.2**	3,4	3.7
4	4.3	4.6	**5**	5,4	5.8	**6.3**	6.8	7.4
8	8,6	9.3	**10**	10.8	11.6	**12,5**	13.6	14.7
15.8	17	18.5	**20**	21.5	23.3	**25**	27	29
31.5	34	37	**40**	43	46	**50**	54	58
63	68	74	**80**	86	93	**100**		

L'approximation des valeurs ci-dessus est de 1 pour 100 à partir de 3,4. Tous les termes sont exprimés, sauf 1,08, en nombres entiers, en 1/10 ou en 1/20 de millimètre, grandeurs faciles à vérifier.

A l'examen de la série ci-dessus, on remarque que :

1° L'erreur relative sur le terme exact de la progression est moindre que 1,4 pour 100 pour les premiers termes et tombe à moins de 1 pour 100 à partir de 3,4 mm;

2° Chaque nombre de la série y a, approchés, son double et sa moitié

Exemples : 1.35 : 2,7 — 5.4 : 10,8 — 21,5 : 43.
1,85 : 3,7 — 7,4 : 14.7 — 29 : 58.

L'écart entre deux termes de cette série est de 8 pour 100 environ. Il s'ensuit que l'erreur maximum commise en prenant un terme de cette série, au lieu de la valeur rigoureuse que donnerait le calcul, ne dépasse pas 4 pour 100.

2° Épaisseurs.

0.50	0,54	0.58	**0.63**	0,68	0,74	**0.80**	0,86	0,93
1	1.08	1,15	**1.25**	1,35	1.45	**1,6**	1.7	1.85
2	2,15	2,3	**2.5**	2.7	2,9	**3.2**	3.4	3.7
4	4.3	4.6	**5**	5,4	5.8	**6,3**	6.8	7.4
8	8.6	9.3	**10**					

Dans le cas où il serait nécessaire d'employer des conducteurs de dimensions inférieures ou supérieures à celles indiquées ci-dessus, il est recommandé de choisir des dimensions correspondant aux termes de la progression $\sqrt[30]{10}$ prolongée.

3° Rayons de courbure des angles.

Dimensions minima du rectangle en millimètres.	Rayon de courbure en millimètres.
0,8 à 1,45 inclus	0.4
1,6 à 2,9	0.5
3,2 à 5	0.8
5,4 à 6,8	1
7,4 et au-dessus	1.5

Pour les cuivres plus minces, les extrémités sont arrondies en demi-cercle.

L'arrondi devra être aussi régulier que possible, sans arête vive ni bavure.

Ces rayons de courbure seront à respecter avec une tolérance de $\pm$ 20 pour 100 de la valeur indiquée. Cette condition sera vérifiée à l'aide de calibre d'arrondi en tôle d'acier mince.

4° Tolérances.

Le tableau ci-dessous donne les tolérances admises pour les côtés du rectangle :

Dimensions du côté considéré du rectangle en millimètres.	Tolérance.
0.8 à 2,5	+ 0,025 mm — 0,025 mm
2,7 et au-dessus	+ 1 pour 100 du côté — 1 pour 100 du côté

Comme étalons pour les mesures, on doit se servir des calibres Johansson étalonnés à 0°C.

Digitized by Google

Règles françaises d'unification du matériel électrique

Modifications aux Règles françaises d'Unification du Matériel électrique (juin 1919) en ce qui concerne les épreuves de rigidité diélectrique, les températures-limites et les échauffements

Les Règles françaises d'Unification, établies en juin 1919 par le Comité électrotechnique français et l'Union des Syndicats de l'Electricité et adoptées telles quelles, le 23 décembre 1919, sauf la deuxième partie (isolateurs pour canalisations aériennes) par la Commission permanente de Standardisation siégeant au Ministère du Commerce, ont été revues par l'Union sur certains points, à la demande de plusieurs syndicats. Le tableau des températures-limites et des échauffements et celui des épreuves de rigidité diélectrique, notamment, ont été remplacés par les tableaux publiés ci-après (décision du Comité de Direction de l'Union du 14 juin 1922, prise sur la proposition de la 4e Commission). Ces nouveaux tableaux ne sont établis, pour l'instant, qu'au nom de l'Union des Syndicats de l'Electricité, mais ils ont été proposés sans retard à la ratification du Comité électrotechnique français.

A. — Nouveau tableau des épreuves de rigidité diélectrique

Annulant et remplaçant celui qui figure au paragraphe 60 des Règles françaises d'Unification des Machines électriques (édition de juin 1919).

NUMÉROS DES ARTICLES	MACHINE OU ORGANE	TENSION EFFICACE D'ESSAI
1	Machine rotative de puissance inférieure ou égale à 1 kv-a.....	500 v + 2 fois la tension normale.
2	Machines rotatives au-dessus de 1 kv-a.....	1 000 v + 2 fois la tension normale.
3	Inducteurs pour les génératrices synchrones où la tension d'excitation ne dépasse pas 750 v.	10 fois la tension d'excitation. (minimum 1 500 v) (maximum 3 500 v)
4	Moteurs synchrones et commutatrices démarrant en moteurs asynchrones avec inducteur en court-circuit.	10 fois la tension d'excitation. (minimum 1 500 v) (maximum 3 500 v)
5	Moteurs synchrones et commutatrices démarrant avec les inducteurs ouverts.....	1 000 v + 2 fois la tension maximum pouvant être développée aux bornes des inducteurs (ou d'une section de ceux-ci) dans les conditions normales de démarrage (minimum 2 000 v).
6	Excitatrices normales de machines synchrones.	10 fois la tension d'excitation. (minimum 1 500 v) (maximum 3 500 v)
7	Transformateurs pour haute tension supérieure à 550 v et basse tension inférieure à 550 v. Exception faite pour les appareils dont un point de la basse tension est en permanence à la terre.....	Enroulement haute tension 1 000 v + 2 fois la haute tension de régime avec un minimum de 10 000 v. Enroulement basse tension 1 000 v + 2 fois la basse tension de régime.
8	Transformateurs autres que les précédents ...	1 000 v + 2 fois la tension de régime.
9	Enroulements secondaires isolés (rotor) des moteurs d'induction non en court-circuit permanent	*a*) 500 v + 2 fois la tension maximum pouvant être développée entre les bagues jusqu'à 5 kv-a; 2 fois + 1 000 v au-dessus de 5 kv-a; *b*) Pour les moteurs de marche réversible à freinage à contre-courant : 1 000 v + 4 fois la tension entre les bagues, au repos à circuit ouvert (lorsqu'on applique la pleine tension primaire aux enroulements du stator).
10	Appareils assemblés....	Quand l'épreuve doit être appliquée à un groupe de plusieurs appareils neufs installés en place et connectés ensemble, dont chacun a déjà été soumis à l'essai diélectrique particulier, la tension d'épreuve ne doit pas dépasser 85 pour 100 de la tension la plus basse applicable à l'un de ces appareils.

Les épreuves ci-dessus ne s'appliquent qu'à des machines complètement neuves.

Observation. — 1° Pour les appareils de tension inférieure ou égale à 25 v, la tension d'essai sera de 500 v.

2° Pour les appareils à usages domestiques de puissance inférieure à 600 w, la présente réglementation n'est pas applicable.

Digitized by Google

B. — Nouveau tableau des températures-limites et échauffements

Annulant et remplaçant celui qui figure au paragraphe 51 (p. 34) des Règles françaises d'Unification des Machines électriques (édition de juin 1919).

Tableau des températures-limites. — Le tableau ci-après donne les limites pour températures observables et les échauffements des enroulements et de certains organes des machines.

Les limites des températures admissibles sont indiquées dans la colonne 1 du tableau.

Numéros des articles	Nature de l'isolant de l'enroulement ou désignation de l'organe	Colonne 1 température maximum admise observable	Colonne 2 échauffem. maximum admis fixant le régime normal
		Degrés C	Degrés C
1	Coton, papier ou soie non imprégnés.....	80	40
2	Coton, papier ou soie imprégnés :		
	par thermomètre.....	90	50
	par résistance.....	95	55
3	Coton, papier, soie immergés dans l'huile. Par résistance.....	100	60
4	Fil émaillé.....	95 (1)	55 (1)
5	Composés d'amiante, de mica (tel que micanite) et composés, analogues (2) :		
	par thermomètre.....	110	70
	par résistance.....	115	75
6	Enroulements continuellement fermés sur eux-mêmes, isolés au coton, papier, etc., (isolants du § 2).	100	60
7	Enroulements continuellement fermés sur eux-mêmes non isolés ou isolés aux composés de mica, amiante, etc. (isolants du § 5).	110	70
8	Huile.....	90 (1)	50 (1)
9	Collecteurs bagues.....	90	50
10	Paliers.....	80	40
11	Tôles de fer en contact avec les enroulements.....	Mêmes valeurs que pour les enroulements sans dépasser 110° et 70° respectivement.	
12	Tôles de fer non en contact avec les enroulements...	110	70
13	Enroulements en une seule couche. Un excès de 5°C au-dessus des températures spécifiées pour les nos 1, 2 et 5 est admis pour les enroulements d'une seule couche mobile ou non. Enroulements massifs immobiles. Un excès de 5°C au-dessus des températures spécifiées pour les nos 1, 2 et 5, est admis pour les enroulements massifs immobiles.		
14	Pour les transformateurs à huile refroidis par l'eau, une diminution de 10° au-dessous des températures indiquées par la colonne 1 et un excès de 5° au-dessus des échauffements de la colonne 2, spécifiés aux nos 3 et 8, doivent être prévus.		

(1) Ces valeurs sont adoptées à titre provisoire.

(2) Dans lesquels la matière organique n'entre que comme support pouvant être détruit sans que l'isolant soit disqualifié, soit au point de vue mécanique, soit au point de vue diélectrique.

Observations. — Les limites de températures admissibles pour les échauffements sont indiquées dans la colonne 2. Les échauffements relevés sur toute machine ayant fonctionné pendant le temps spécifié, à la puissance correspondant au régime normal, ne doivent dépasser, en aucune partie, les valeurs-limites contenues dans la colonne 2 du tableau. Les températures maximum admissibles indiquées dans la colonne 1, ainsi que les échauffements indiqués dans la colonne 2 du tableau, ne doivent jamais être dépassés durant le fonctionnement de la machine en service.

Lorsque l'isolation comprend plusieurs matières isolantes différentes, à l'exception de l'huile de transformateurs, la température-limite est la plus basse de celles qui correspondent aux divers isolants employés; l'isolant, si sa conservation est nécessaire, est toujours supposé faire partie de l'enroulement,

Digitized by Google

Réglementation belge concernant les fils et câbles isolés au caoutchouc [1]

Publié par le Comité électrotechnique belge en mai 1922.

I. — Généralités.

ARTICLE PREMIER. — Tous les conducteurs sont en cuivre d'une résistivité inférieure à 1,75 microhm-centimètre à 15° C. Le coefficient de variation de la résistivité, en fonction de la température, est fixé à 0,004.

ART. 2. — Les canalisations dont l'âme comprend un fil conducteur unique ne sont admises que pour les sections égales ou inférieures à 16 mm².

ART. 3. — Les conducteurs sont étamés au feu sur toute leur surface.

La quantité d'étain pur nécessaire à l'étamage des conducteurs est au moins de 1,2 milligramme par centimètre carré de surface.

ART. 4. — Le caoutchouc vulcanisé employé pour l'isolement des fils et câbles électriques doit contenir au moins 33,3 pour 100 en poids de gomme pure. La teneur de la gomme pure en résine ou autres matières étrangères ne peut dépasser 6 pour 100 de son poids.

Le caoutchouc ne peut renfermer ni régénérés ni factices; il ne peut donner de fluorescence ni à l'essai à la pyridine ni à l'essai au xylol.

ART. 5. — La cérésine et la paraffine sont les seules matières organiques d'addition tolérées dans la préparation du caoutchouc vulcanisé; les quantités totales incorporées ne peuvent pas dépasser 3 pour 100 du poids du caoutchouc vulcanisé.

ART. 6. — *Essais mécaniques* [2].

ART. 7. — *Marques distinctives.* — Les fils et câbles qui répondent aux présentes prescriptions doivent posséder une marque distinctive dite « marque distinctive du Comité électrotechnique belge ».

Cette marque est constituée par un fil blanc.

En outre, ces fils et câbles doivent posséder une seconde marque distinctive dite « marque distinctive de firme ».

Les conducteurs ne reçoivent cette dernière marque que lorsqu'elle est accordée, à l'usine fabriquant ces conducteurs, par le Comité électrotechnique belge.

L'octroi de la marque distinctive de firme se fait à la société qui fabrique les conducteurs. Cette demande est accompagnée de trois échantillons dont l'origine est garantie et auxquels sont joints les procès-verbaux d'analyse, émanant du laboratoire officiel ou de tout laboratoire privé agréé par le Comité électrotechnique belge, constatant que les échantillons répondent aux présentes prescriptions.

Chaque année la même formalité est de rigueur.

Les fabricants étrangers sont assimilés aux fabricants belges pour autant que leur demande soit introduite par un fondé de pouvoirs résidant en Belgique.

Le Comité électrotechnique belge se réserve le droit:

1° De faire prélever et analyser en tout temps les échantillons des fils et câbles ou des mélanges de caoutchouc, le tout aux frais des fabricants auxquels une marque distinctive a été accordée par lui;

2° De leur retirer l'autorisation d'user des marques distinctives;

3° De publier, dans les journaux ou revues spéciales, la description des marques accordées aux fabricants.

Les marques distinctives ne sont obligatoires que pour un seul des conducteurs des cordons souples, cordons de suspension et fils de douille.

II. — Canalisations pour tensions ne dépassant pas 750v.

A. — Canalisations ordinaires C. O. B.

ARTICLE PREMIER. — *Essai de rigidité diélectrique.* — Après immersion de vingt-quatre heures dans l'eau à une température ne dépassant pas 25° C, l'application, pendant quinze minutes, d'une tension efficace de 2 000 v, à la fréquence d'au moins 25 p : s, entre l'eau et les conducteurs et éventuellement entre les conducteurs, ne peut provoquer aucun percement de la gaine isolante.

Les constructeurs et les installateurs ne sont tenus à aucune garantie de couleur ni d'aspect des conducteurs essayés par immersion.

ART. 2. — La gaine de caoutchouc est enveloppée d'un ruban caoutchouté, puis revêtue d'un tressage de coton, de chanvre ou de matière similaire, imprégné de façon appropriée. Pour les canalisations multipolaires, le tressage peut être commun.

ART. 3. — L'épaisseur de la gaine de caoutchouc est

(1) On trouvera des exemplaires de ces règlementations au Comité électrotechnique belge, 158, rue Royale, à Bruxelles, au prix de 0,60 fr.

(2) Il est question en Hollande de prescrire que le caoutchouc vulcanisé employé pour l'isolement des fils et des câbles électriques doit résister au moins à une tension de 50 kg : cm² et supporter sans rupture un allongement de 250 pour 100.

Dès maintenant, le bureau des laboratoires de la *Rijksvoorlichtingendienst ten behoeve van den Rubberhandel et de Rubbernijverheid*, à Delft, donne avec chaque certificat d'essai du caoutchouc vulcanisé la résistance mécanique et l'allongement.

Il est à prévoir que des stipulations relatives à cette résistance mécanique et à cet allongement seront incorporées prochainement dans le cahier des charges officiel.

Digitized by Google

au moins égale aux valeurs indiquées dans le tableau ci-après :

Section du cuivre en mm²	Épaisseur du caoutchouc en mm	Section du cuivre en mm²	Épaisseur du caoutchouc en mm
0,75	0.8	95	1.8
1	0.8	120	1.8
1,5	0,8	150	2
2,5	1,0	185	2.2
4	1.0	240	2.4
6	1,0	310	2.6
10	1,2	400	2.8
16	1,2	500	3.2
25	1,4	625	3.2
35	1,4	800	3.5
50	1,6	1 000	3.5
70	1,6		

B. — Canalisation sous plomb. C. P. B.

Article premier. — *Essai de rigidité diélectrique.* — Mêmes conditions d'essai que pour les canalisations ordinaires (A).

Art. 2. — L'épaisseur de la gaine de caoutchouc vulcanisé est au moins égale aux épaisseurs prescrites pour les canalisations ordinaires (A).

Art. 3. — L'épaisseur de la gaine de plomb n'est pas inférieure à 0,7 mm.

C. Canalisations pour locaux a vapeurs acides. C. A. B.

Article premier. — *Essai de rigidité diélectrique.* — Mêmes conditions d'essai que pour les canalisations ordinaires (A).

Art. 2. — L'épaisseur de la gaine de caoutchouc vulcanisé est au moins égale aux épaisseurs prescrites pour les canalisations ordinaires (A) et le tressage de coton, de chanvre ou de matières similaires est imprégné de produits résistant aux vapeurs acides.

D. Canalisations cuirassées sous tresses métalliques ou hélices d'acier C. C. B.

Article premier. — *Essai de rigidité diélectrique.* — Mêmes conditions d'essai que pour les canalisations ordinaires (A).

Les constructeurs et les installateurs ne sont tenus à aucune garantie de conservation de l'armature des conducteurs essayés par immersion,

A sec, l'application pendant quinze minutes d'une tension alternative de 4 000 v efficaces à la fréquence d'au moins 25 p : s, entre les conducteurs et leurs armatures et éventuellement entre les conducteurs, ne peut provoquer aucun percement de la gaine isolante.

Art. 2. — L'épaisseur de la gaine de caoutchouc doit être au moins égale aux épaisseurs prescrites pour les canalisations spéciales pour tension ne dépassant pas 2 000 v (III).

E. Cordons souples C. So. B. et cordons de suspension C. Su. B.

Article premier. — *Essai de rigidité diélectrique.* — Mêmes conditions d'essais que pour les canalisations ordinaires (A).

Si les cordons souples comprennent un cordon métallique destiné à supporter les effets de traction, ce cordon métallique est connecté à la cuve d'immersion. Les constructeurs et les installateurs ne sont tenus à aucune garantie de couleur ni d'aspect des cordons souples et des cordons de suspension soumis à cet essai.

A sec, l'application, pendant quinze minutes, d'une tension alternative de 2 000 v efficaces à la fréquence d'au moins 25 p : s entre deux conducteurs juxtaposés ou entre un conducteur et l'ensemble de l'autre conducteur et du cordon de suspension si celui-ci est métallique, ne peut provoquer aucun percement de la gaine isolante.

Art. 2. — Le diamètre maximum du brin constitutif des conducteurs est 0,3 mm, à l'exclusion des conducteurs destinés aux appareils d'éclairage à contrepoids, pour lesquels le diamètre maximum du brin constitutif est fixé à 0,2 mm. Les conducteurs des cordons souples ne peuvent pas avoir une section supérieure à 6 mm².

Art. 3. — L'épaisseur de la gaine de caoutchouc est au moins égale aux épaisseurs prescrites pour les canalisations ordinaires (A). Toutefois, l'épaisseur de la gaine isolante des fils de 0,75 mm² de section peut être réduite à 0,6 mm auquel cas l'essai par immersion n'est pas imposable.

Art. 4. — Entre l'âme conductrice et la gaine de caoutchouc des conducteurs d'une section égale ou inférieure à 2,5 mm², est interposé un guipage de coton ; la gaine de caoutchouc est recouverte d'un tressage de coton, de soie ou de toute autre matière semblable. Pour les cordons multipolaires, le tressage peut être commun.

F. Fils de douilles (1). C. D. B.

Article premier. — *Essai de rigidité diélectrique.* — A sec, l'application, pendant quinze minutes, d'une tension alternative de 1 000 v efficaces à la fréquence d'au moins 25 p : s entre deux conducteurs juxtaposés ne peut provoquer aucun percement de la gaine isolante.

Art. 2. — Le diamètre maximum du brin constitutif des conducteurs est de 0,2 mm.

Art. 3. — L'épaisseur de la gaine de caoutchouc doit être au moins de 0,4 mm. La gaine de caoutchouc doit être revêtue d'un tressage de coton, de soie ou d'une autre matière analogue. Pour les cordons multipolaires, le tressage peut être commun.

III. Canalisations spéciales (pour tensions ne dépassant pas 2000 v). C. S. B.

Article premier. — *Essai de rigidité diélectrique.* — Mêmes conditions d'essai que pour les canalisations ordinaires (A), à part la tension alternative efficace qui est portée à 4 000 v.

(1) Dont l'emploi n'est permis que dans les appareils d'éclairage à la condition qu'ils n'aient pas à supporter d'effort mécanique.

Digitized by Google

Art. 2. — La gaine de caoutchouc est enveloppée d'un ruban caoutchouté puis revêtue d'un tressage de coton, de chanvre ou de matière similaire, imprégné de façon appropriée. Pour les canalisations multipolaires, le tressage peut être commun.

Art. 3. — L'épaisseur de la gaine de caoutchouc doit être égale ou supérieure aux valeurs indiquées dans le tableau ci-après :

Section du cuivre en mm²	Épaisseur du caoutchouc en mm	Section du cuivre en mm²	Épaisseur du caoutchouc en mm
1	1,5	95	2.6
1,5	1,5	120	2.6
2,5	1,5	150	2.8
4	1,5	185	3.0
6	1,5	240	3.2
10	1,7	310	3.4
16	1,7	400	3.6
25	2.0	500	4.0
35	2.0	625	4.0
50	2,3	800	4.5
70	2.3	1 000	4.5

IV. Canalisations spéciales isolées au caoutchouc pour installation à haute tension (pour tensions dépassant 2 000 v).

Essai de rigidité diélectrique. — Mêmes conditions d'essai que pour les canalisations ordinaires (A), à part la tension alternative efficace qui varie en fonction de la tension de service :

Tension de service en volts efficaces.	Tension d'essai en volts efficaces.
3 000	6 000
4 000	8 000
5 000	9 000
6 000	10 000
7 000	12 000
8 000	13 000
10 000	15 000
12 000	18 000
15 000	23 000
20 000	30 000
25 000	35 000

Revues, analyses et informations

La résistance de terre des antennes (1).

Un des problèmes les plus importants de la radiotélégraphie est la détermination du meilleur type d'antenne émettrice pour les communications à longue distance. Avant 1911, aucune solution satisfaisante n'avait été trouvée. Certains préféraient le type d'antenne en L, de 1 000 à 2 000 m de longueur et de 50 à 80 m de hauteur, tandis que d'autres préféraient le type d'antenne en parapluie. Afin d'obtenir une base pour la construction des stations à grande portée projetées pour les colonies allemandes, la Compagnie Telefunken décida d'effectuer des expériences sur les antennes. Elles ont porté sur l'étude : 1° du rayonnement de l'antenne ; 2° des dimensions à lui donner, c'est-à-dire sa capacité, sa fréquence propre et son amortissement, l'influence de l'isolement des parties métalliques des mâts, câbles traversiers, etc... Les premières expériences furent effectuées à Nauen et suivies d'essais sur une plus grande distance (entre Nauen et Iena). Voici les résultats obtenus à cette époque, résultats qui sont encore utilisés actuellement pour la construction des antennes :

1° La proportionnalité de la résistance de rayonnement à $\frac{h^2}{\lambda^2}$ se vérifie pour tous les types d'antenne ;

2° Dans de larges limites, si la hauteur moyenne est la même, la forme de l'antenne n'a pas d'influence. Les antennes en parapluie, en T et en L sont équivalentes si la prise de terre ou le contrepoids sont les mêmes ; cependant une antenne en L ne donne pas d'aussi bons résultats si la longueur l est plus grande que quatre fois la hauteur h, à cause des pertes dans le sol ;

3° L'effet directionnel d'une antenne en L est pratiquement négligeable, quand le rapport $\frac{\lambda}{4h}$ est supérieur à 20 pour 100.

Mais le problème consistant à réduire la résistance de terre de l'antenne ne pût être résolu à cette époque, et la question se reposa impérieusement les années suivantes, le rendement de l'antenne entière dépendant, surtout pour les grandes stations, de la résistance de terre. Bien que le rendement du générateur d'oscillations ait été accru, au cours de ces dernières années, jusqu'à égaler 70 à 80 pour 100, les antennes sont devenues de moins en moins efficaces au fur et à mesure que l'on augmentait les longueurs d'onde afin de réduire l'absorption et l'interférence des autres stations. Bien que l'on soit arrivé à la limite maximum de hauteur des pylônes, on ne peut dépasser 0,1 à 0,3 ohm comme résistance de rayonnement pour des longueurs d'onde de 12 à 20 km, tandis qu'en même temps la résistance de terre a passé de 1,5 à 5 ohms. Le rendement de l'antenne entière n'est donc que de 5 à 15 pour 100. Il est par suite évident que le problème de l'augmentation de l'efficacité des grandes antennes ne peut être résolu que par une réduction de la résistance de terre.

Voici les résultats auxquels on est arrivé, après de nombreux essais, en ce qui concerne l'amélioration du rendement des grandes antennes.

Des courbes ont été tracées donnant la résistance de l'antenne en fonction de la longueur d'onde, ou plutôt du facteur $\frac{\lambda}{4h}$, pour trois types principaux d'antennes : une antenne terrestre normale, une antenne de navire, et l'antenne d'une station à longue portée. Les courbes montrent que l'antenne d'une station à longue portée, ayant une capacité égale à 30 000 cm, offre une résistance beaucoup plus petite (2 à 3 ohms) que la petite antenne en T de 1 000 cm de capacité, le rapport $\frac{\lambda}{4h}$ étant le même pour les deux antennes. La

(1) A. Meissner, *Jahrbuch für drahtlose Telegraphie*, novembre 1921, t. XVIII, p. 322-333, 5 600 mots, 12 fig ; *Electrician*, 9 juin 1922, t. XXXVIII, p. 685-687, 2 100 mots, 1 fig.

Digitized by Google

résistance d'une antenne diminue donc quand les dimensions augmentent. En 1913 et 1918, M. Abraham traita théoriquement le problème et vérifia que le produit de la conductivité du sol et des dimensions de l'antenne est constant. Suivant cette théorie, la résistance de terre d'une antenne peut être réduite de moitié, si les dimensions sont augmentées dans le rapport 1 à 2, et si la conductivité du sol reste la même. Or, les courbes obtenues à Nauen montrent que cette théorie n'est pas rigoureusement exacte en pratique. Un second groupe de courbes a été établi par l'auteur et accuse encore mieux la divergence des résultats entre la théorie et la pratique. Ces courbes donnent la résistance de terre vraie d'une grande antenne en L en forme d'évantail, de 80 m de hauteur moyenne, de 400 m de longueur, de 550 m de largeur à l'extrémité, correspondant à 15 000 cm de capacité, ainsi que la résistance d'un modèle de la même antenne construit à l'échelle de 1 : 20. Or, on constate que la résistance est augmentée, mais pas dans le même rapport, bien que la terre soit la même. Il est cependant difficile d'être bien certain que le sol est identiquement le même près des fils de terre, à une profondeur de 2 à 5 cm, et à une profondeur de 40 à 60 cm. La théorie d'Abraham ne peut être appliquée que si *toutes* les dimensions de l'antenne sont modifiées à la même échelle, mais elle ne s'applique pas quand seules quelques-unes sont augmentées, les autres restant constantes.

Il est très important de savoir si la résistance de terre pour une longueur d'onde donnée peut être réduite seulement par l'augmentation des dimensions de l'antenne. Un troisième groupe de courbes a été établi ; il est relatif au cas d'antennes en parapluie de 12 fils, de 10 m de hauteur, la longueur des fils étant 10, 20 et 35 m, la largeur totale de 60 m, les 12 fils de terre ayant chacun 25 m de longueur. Ces courbes montrent la grande amélioration obtenue sur les grandes longueurs d'onde, quand la longueur des fils passe de 10 à 20 m. La résistance diminue, en effet, beaucoup plus rapidement que n'augmente la longueur. Par exemple, pour une longueur d'onde de 900 m, la résistance de l'antenne avec fils de 20 m est 2 ohms, alors que celle de l'antenne de 10 m est 5,3 ohms.

L'amélioration n'est plus aussi sensible quand la longueur de l'antenne passe de 20 à 35 m, ni quand on utilise des ondes plus courtes dans le voisinage de la fréquence propre de l'antenne.

A noter également l'augmentation rapide de résistance quand la longueur d'onde augmente. Howe suppose que

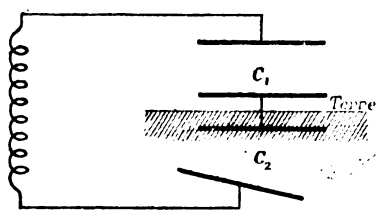


Fig. 1.

cette augmentation doit être linéaire et due, par conséquent, à de pures pertes diélectriques, qui sont inversement proportionnelles à la fréquence, et par suite directement proportionnelles à la longueur d'onde.

L'antenne peut être considérée comme composée de deux capacités, le condensateur à air sans fuites C_1 (fig. 1), en série avec le condensateur C_2 ayant un mauvais diélectrique. La disposition est équivalente à celle de la figure 2 dans laquelle C_2 est représenté par un condensateur sans fuites en parallèle avec une résistance ohmique. Le courant I augmente avec C_2 et quand la longueur d'onde est réduite. La résistance effective résultante W (c'est-à-dire la

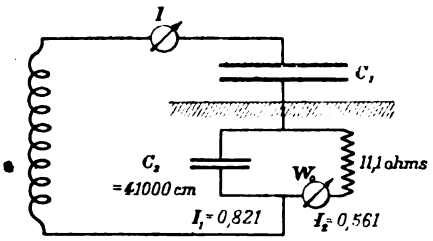


Fig. 2.

résistance de terre mesurée) augmente donc avec la longueur d'onde et diminue quand la capacité C_2 est accrue. En général, C_2 augmente quand la capacité C_1 de l'antenne croît, c'est-à-dire que W diminue quand la capacité de l'antenne augmente.

L'augmentation de la capacité de l'antenne est donc un moyen de réduire la résistance de terre ; malheureusement, en pratique, la longueur d'onde fondamentale de l'antenne devient bientôt comparable à la longueur d'onde de travail, et il en résulte une augmentation de la résistance par suite du voisinage de la fréquence propre de l'antenne. Il est donc difficile de réduire la résistance au-dessous de 2 à 2,5 ohms, même lorsque les conditions de capacité sont des plus favorables. Cette méthode de réduction de la résistance de terre est inutilisable dans le cas des antennes dyssymétriques, puisqu'alors la résistance augmente avec la capacité. L'auteur donne des courbes de résistances pour des antennes en L de différentes longueurs ; elles permettent de vérifier que, quand la capacité de l'antenne est augmentée dans le rapport de 1 à 2, la résistance augmente de 25 à 30 pour 100. Ces chiffres indiquent que la capacité additionnelle obtenue en augmentant les dimensions de l'antenne

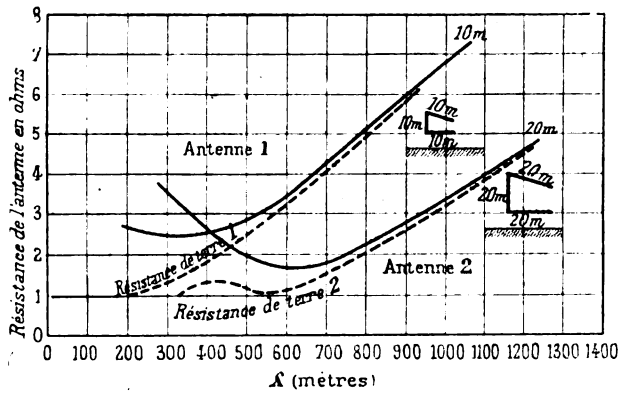


Fig. 3.

ne s'ajoute pas en parallèle à la surface primitive : en d'autres termes, la capacité de C_2 dans le schéma de la figure 2 se trouve augmentée et non diminuée par suite de l'augmentation de la capacité de l'antenne C_1.

Reste à savoir si une nouvelle réduction de la résistance de terre est possible par l'emploi d'un contrepoids. La figure 3 montre la variation de la résistance quand toutes

Digitized by Google

les dimensions d'une antenne sont modifiées dans le rapport 1-2 et quand on emploie un petit contrepoids, les deux antennes ayant respectivement 10 et 20 m de hauteur, 10 et 20 m de longueur, et ayant dans chaque cas huit fils, le contrepoids étant composé de huit fils, tout d'abord de 10 m de longueur, ensuite de 20 m de longueur. La théorie d'Abraham ne s'applique pas à ce cas; mais on remarquera que la résistance décroit quand la capacité de l'antenne croit avec une longueur d'onde constante ($\lambda > 500$ m). La figure 4 montre les résultats obtenus avec un plus grand

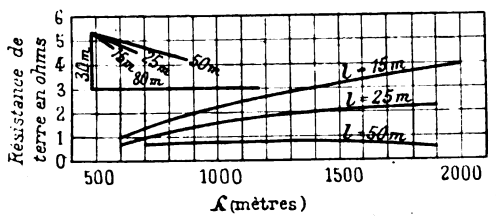


Fig. 4.

contrepoids. L'antenne, du type parapluie, de 12 fils, avait, dans ce cas, une hauteur de 30 m, une portée de 80 m et des longueurs de fil variables de 15, 25 et 50 m, donnant des capacités respectivement de 1000, 1400 et 2700 cm. Le contrepoids consistait en 50 fils de 40 m de longueur connectés avec 100 autres fils de 40 m de longueur. On constata que la résistance diminue beaucoup avec la capacité et peut être réduite à moins de 1 ohm, c'est-à-dire à une valeur beaucoup plus faible qu'avec une prise de terre, même si la capacité de l'antenne est grande. La figure 5

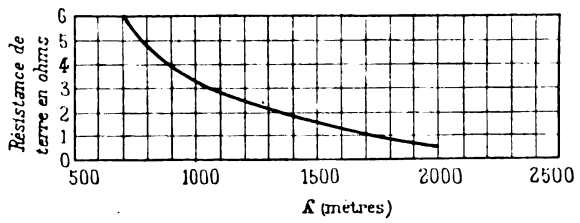


Fig. 5.

donne les valeurs correspondantes pour une antenne en L avec un plus grand contrepoids (antenne de 4 fils de 135 m, hauteur 21 m, contrepoids composé de 12 fils de 200 m). On remarquera que dans ce cas les résistances sont grandes pour les courtes longueurs d'onde, mais qu'elles peuvent être réduites à moins de 1 ohm pour les grandes longueurs d'onde.

En 1915, un grand contrepoids fut construit à la station de Sayville, en Amérique, et des mesures y furent faites par le professeur Zenneck. A cette époque, l'antenne était du type en parapluie, avec un rayon d'environ 240 m, une capacité de 11800 cm et une hauteur moyenne d'environ 65 m. Le contrepoids s'étendait un peu au delà de la superficie couverte par l'antenne et avait 56 fils, chacun d'environ 265 m de longueur à une hauteur de 2,5 m; l'eau souterraine était à une profondeur de 6 m. La résistance totale de l'antenne était de 1,55 ohm pour une longueur d'onde de 4640 m; elle se décomposait ainsi : résistance de terre, 0,5 à 0,6 ohm; résistance de rayonnement, 0,31 ohm; résistance de l'inductance d'antenne, 0,7 ohm.

Ces contrepoids n'étaient pas encore suffisants, comme on put le vérifier grâce à l'antenne construite par Rendahl à Karlsborg, Suède. Cette antenne était du type à cage, suspendue entre deux mâts de 210 m de hauteur, la longueur de la cage étant de 400 m et son diamètre de 30 m. Elle consistait en 60 fils et avait une capacité de 8000 cm. Le sol sous l'antenne était rocailleux et était recouvert d'un contrepoids s'étendant sur une distance de plus de 400 m. Ces fils du contrepoids furent élongés à une hauteur de 5 m au-dessus du sol et avec un écartement de 3 m; 500 poteaux télégraphiques les supportaient. 400 km de fil de cuivre de 1 mm de diamètre servirent à la construction de ce contrepoids. Rendahl donne les valeurs suivantes pour la résistance de cette antenne :

LONGUEUR D'ONDE EN MÈTRES	RÉSISTANCE DE RAYONNEMENT EN OHMS	RÉSISTANCE TOTALE EN OHMS
3 600	4,95	5,2
5 400	2,2	2,9

Comme la résistance totale donnée ci-dessus comprend la résistance des inductances d'antenne, et que ces inductances ayant une capacité de 90000 cm ont certainement une résistance d'environ 0,7 ohm pour $\lambda = 54000$ m, la résistance de terre doit être inférieure à 0,1 ohm. Ainsi, pour la première fois, on a réussi à réaliser la faible résistance de terre nécessaire dans le cas des stations à longue portée. Mais ces résultats ne sont obtenus que grâce à des installations fort coûteuses et qui seraient encore plus onéreuses dans le cas de stations plus puissantes; pour les grandes antennes de ces stations, le contrepoids nécessiterait un espace de 5 à 6 km, si les fils avaient environ 2000 m de long. A cause de la dépense, la Gesellschaft für drahtlose Telegraphie fut obligée de revenir aux prises de terre. A la suite de nombreuses expériences, on s'aperçut qu'on pouvait réduire la résistance, soit en faisant les connexions à la terre juste au point où les lignes de forces électriques venant de l'antenne entrent dans le sol, ce qui évite les longs trajets de courant et les pertes par courants de Foucault, soit en répartissant le courant venant du générateur entre un certain nombre de prises de terre, de sorte que chaque prise de terre ne reçoit que le courant qui correspond aux lignes de force venant de l'antenne et entrant dans la terre près de ce point.

Quand il n'est pas possible de couvrir la surface entière du sol avec les prises de terre, il faut placer celles-ci aux endroits où il y a un maximum de lignes de force venant de l'antenne et entrant dans la terre. L'erreur la plus commune rencontrée jusqu'ici dans la construction des antennes consistait à disposer, au contraire, les prises de terre de façon à ce que le courant entre dans le sol au centre de l'antenne, ou à une distance d'environ 100 m du centre, bien que le rayon de la surface couverte par l'antenne soit de 400 à 500 m. Pour tous les types d'antenne, la ligne centrale du groupe de lignes de force entre l'antenne et le sol se trouve sur les bords extérieurs de la surface couverte par l'antenne. Ceci peut être vérifié au moyen de la formule simple donnée par Austin pour la détermination de la capacité des antennes :

$$C = \left(0.88\,\frac{a}{h} + 4\sqrt{a}\right) \times 10^{-3} \text{ microfarad},$$

où a est la surface de l'antenne et h sa hauteur.

Digitized by Google

La capacité peut être considérée comme consistant en deux parties : la première partie est celle d'un simple condensateur à plaques, ayant des surfaces approximativement égales à celles de l'antenne ; la seconde partie correspond aux lignes de force qui atteignent le sol au-delà de la superficie couverte par l'antenne. Pour les antennes des stations de grande puissance ayant un rayon de 500 mètres et une hauteur de 200 mètres, la seconde partie est plus grande que la première, dans le rapport de $35,5 \times 10^{-3}$ à $34,5 \times 10^{-3}$ microfarad.

Si la surface du sol sous l'antenne est divisée en un certain nombre de cercles d'égale largeur (1 m de large, par exemple), et si l'intensité des lignes de force qui entre dans chaque cercle est déterminée et tracée sur un graphique, le courant total dû aux lignes de force entrant dans le sol peut être représenté par une surface dont le centre de gravité se trouve près des bords extérieurs de la superficie couverte par l'antenne ; par suite, si l'on veut réduire autant que possible les trajets du courant dans le sol, les prises de terre devront être faites au bord extérieur de la surface recouverte par l'antenne. Si, au contraire, la prise de terre est concentrée au centre de l'antenne, tout le courant qui pénètre dans la terre en dehors de la projection de l'antenne, c'est-à-dire plus de la moitié du courant total, est obligé de traverser le sol mauvais conducteur sur une distance égale à toute la longueur de l'antenne. Tout ceci a été vérifié à l'aide d'une antenne réduite dans la proportion de 1 à 2 1. L'antenne (fig. 6) avait la forme d'un pentagone de 25 m de

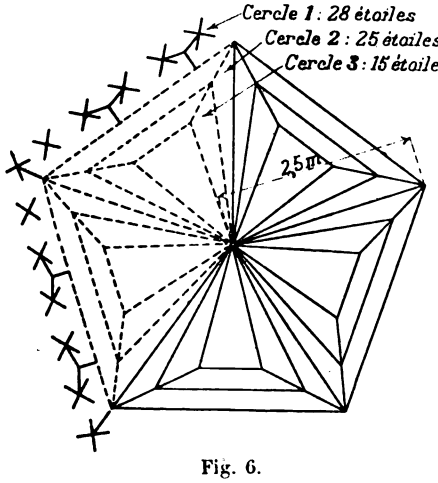


Fig. 6.

rayon, de 10 m de hauteur au-dessus du sol et de 2065 cm de capacité. Les prises de de terre furent disposées en quatre cercles concentriques sur l'ensemble de l'antenne et prolongées au delà de la surface de l'antenne d'une longueur égale à sa hauteur. Chaque prise de terre avait la forme d'une étoile. Quatre conducteurs partant du centre O de chaque prise de terre et élongés au-dessus du sol aboutissaient aux quatre prises de terre des coins (fig. 7). 28 étoiles furent placées sur le premier cercle à partir de l'extérieur, 25 sur le second, 15 sur le troisième et 5 sur le quatrième. 18 connexions furent faites du premier cercle au centre de l'antenne, 13 du second, 8 du troisième et 2 du quatrième. Ces connexions furent fixées au mât central à une hauteur d'environ 3 m. Toutes les prises de terre dans chaque cercle furent connectées ensemble, et l'on fit varier la distribution de courant aux divers cercles en reliant les prises de terre à une self-inductance, ou en ajoutant, au besoin, plus ou moins d'inductance dans chaque prise de terre. On a constaté que le cercle extérieur absorbe plus de 50 pour 100 du courant d'antenne. La résistance de terre est de 5,7 ohms, lorsqu'on utilise seulement le quatrième cercle ou cercle intérieur, ce qui est une valeur raisonnable pour une antenne de cette dimension. Lorsqu'on utilise le cercle extérieur seulement, la résistance tombe à 0,65 ohm. Enfin en combinant tous les cercles ensemble, la résistance devient inférieure au dixième d'ohm. Cette résistance est mesurée pour des longueurs d'onde, réduites à 400 m ; à partir de 1 200 m elle augmente sensiblement, mais elle reste encore inférieure à 0,4 ohm pour une longueur d'onde de 1 835 m. Ces mesures montrent que les prises de terre sous la partie centrale de l'antenne ne servent pas à grand'chose et pourraient être supprimées, si elles ne servaient pas à établir les connexions avec les bords extérieurs.

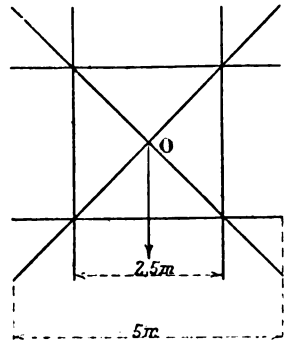


Fig. 7.

Dans les expériences suivantes, les prises de terre en forme d'étoile furent remplacées par des tuyaux de 3 cm de diamètre et de 1 m de long, ce qui permit de simplifier le système de prises de terre. Ces tuyaux furent enfoncés dans le sol à différentes profondeurs, et la résistance mesurée dans chaque cas. Ces expériences ont montré que les connexions de la figure 7 peuvent être remplacées par quatre tuyaux enfoncés à 0,50 m aux quatre coins de l'étoile.

On peut conclure de ces mesures, que la résistance d'une antenne vingt fois plus grande que la précédente restera largement inférieure aux valeurs indiquées ci-dessus, et, par suite, qu'il suffira d'avoir un moins grand nombre de cercles.

Une prise de terre de ce genre est prévue pour la nouvelle station de Nauen. Comme l'antenne aura une hauteur effective moyenne de 190 à 200 m, la résistance de rayonnement sera de 0,2 à 0,33 ohm pour une longueur d'onde de 12 600 m. Comme la résistance des inductances d'antenne et des fils d'antenne peut être réduite à moins de 0,3 ohm, la résistance totale de l'antenne variera entre 0,6 et 0,7 ohm. Le rendement de la nouvelle antenne sera ainsi d'environ 50 pour 100, au lieu de 7,5 pour 100, chiffre actuel. — G. M.

L'influence de l'isolement des conducteurs sur la puissance des machines (1).

Pour une élévation maximum de température donnée, la puissance d'une machine électrique est d'autant plus faible que l'épaisseur de l'isolant des conducteurs employés est plus grande. Par contre, dans le cas de l'isolement au coton ou à la soie, le prix des conducteurs augmente avec la finesse de l'isolant. Le but de cette étude est de rechercher les directions permettant le choix logique du conducteur isolé le plus convenable dans chaque cas.

(1) Schuler. *Elektrotechnische Zeitschrift*, 5 janvier 1922, t. XLIII, p. 7.

Digitized by Google

1. Variation de l'épaisseur de l'isolement, le nombre des conducteurs étant donné. — On se fixe alors le diamètre extérieur maximum admissible D des conducteurs ainsi que la perte dans le cuivre, RI^2, pour un échauffement déterminé. Si d est le diamètre des mêmes conducteurs nus, on peut écrire, en choisissant, pour simplifier, convenablement les unités et posant $RI^2 = 1$.

$$R = \frac{1}{d^2}; \quad \text{d'où} \quad I = \sqrt{\frac{1}{R}} = \sqrt{d^2} = d.$$

La puissance absorbée L_1 peut être considérée comme proportionnelle à l'intensité ; soit, dans ces conditions, n_1 la perte dans le cuivre en centièmes. La puissance utile est

$$l_1 = L_1 - \frac{L_1 n_1}{100} = L_1 \frac{100 - n_1}{100}.$$

Pour une autre valeur du diamètre d, on obtient une autre valeur du courant et, par suite, de la puissance. Soit L_2 celle-ci. La perte dans le cuivre n_2, exprimée en centièmes varie en proportion inverse de la puissance puisque la valeur absolue de cette perte est donnée et constante :

$$n_2 = n_1 \frac{L_1}{L_2},$$

$$l_2 = L_2 \frac{100 - n_2}{100} = \frac{100\, L_2 - n_1 L_1}{100};$$

d'où, en posant $L_1 = 1$,

$$\frac{l_2}{l_1} = \frac{100\, L_2 - n_1}{100 - n_1}.$$

L'auteur reproduit des courbes dont on peut déduire les valeurs de L_2 en fonction du diamètre extérieur D du conducteur dans le cas d'isolement à double tresse de coton très fin (0,15 mm) et de soie (0,07 mm). La puissance $L_1 = 1$, prise comme base, est celle correspondant à l'emploi de conducteurs avec isolement ordinaire double au coton.

Le poids de cuivre, en supposant la même utilisation des sections disponibles, varie suivant des courbes d'allure similaire, d'où l'on déduit des courbes de variation du prix de l'enroulement et établies sur les bases suivantes : le prix des conducteurs isolés à la soie est environ 1,8 fois celui des conducteurs ordinaires isolés au coton, le prix des conducteurs isolés au coton très fin étant de 1,15 à 1,3 fois (suivant le diamètre) le prix de ce dernier. Il faut également tenir compte de ce qu'un isolement très fin permet d'utiliser des conducteurs plus gros dont le prix, au kilogramme, est moins élevé. Ces courbes permettent de déterminer dans chaque cas le type d'isolement le plus avantageux.

2. Variation du nombre des conducteurs. — Soit z ce nombre. On peut écrire, comme précédemment,

$$R = \frac{z}{d^2},$$

$$I = \sqrt{\frac{1}{R}} = \frac{d}{\sqrt{z}}.$$

La puissance de la machine est, E désignant la tension,

$$L = IE = z \frac{d}{\sqrt{z}} = d\sqrt{z}.$$

Le nombre des conducteurs est, d'autre part, inversement proportionnel à la section totale du fil isolé

$$z = \frac{1}{D^2};$$

d'où

$$L = \frac{d}{D}.$$

Pour une machine donnée, la puissance est donc proportionnelle au rapport des diamètres des conducteurs nus et isolés. On peut encore représenter par une courbe les variations de cette puissance en fonction du diamètre extérieur D. Pour les valeurs de D supérieures à 2,5 mm, on a pratiquement $\frac{d}{D} = 1$.

Ces courbes supposent que l'isolement propre des encoches reste constant et sont valables, par suite, jusqu'à des tensions de l'ordre de 500 v. Elles sont également établies dans le cas de fil rond. Pour des conducteurs de section rectangulaire, la puissance croît théoriquement dans le rapport $\frac{4}{\pi} = 1{,}27$, mais moins pratiquement, en raison de l'arrondi des angles et de l'encombrement plus grand de l'isolement. — A. R.

Le fendillement des pièces étirées en laiton ou autres alliages de cuivre (1).

Les études déjà poursuivies, particulièrement par Heyn, sur le phénomène du fendillement des alliages de cuivre dont les conséquences sont d'une importance capitale dans les applications industrielles ont montré que celui-ci est dû à l'existence de tensions internes dans le métal. Dans les pièces étirées à froid, des tensions internes peuvent exister dont la valeur est capable de monter jusqu'au voisinage de la tension de rupture. En deçà de cette dernière valeur, la forme extérieure reste inaltérée, mais dès que, pour une raison quelconque (flexion, effort mécanique, etc.), celle-ci est dépassée, l'équilibre est détruit et le fendillement se produit. Pour approfondir l'étude de ce phénomène, trois points importants sont à éclaircir : *a*) le fendillement est-il uniquement dû à la présence de tensions internes ? *b*) Par quels moyens ce phénomène peut-il être évité ? *c*) Quelles sont les causes extérieures pouvant influencer le fendillement ? *a*) Toutes les observations faites concordent sur le fait que le fendillement est provoqué seulement par les tensions internes existant dans le métal. A toute réduction de celles-ci correspond donc une diminution de la tendance au fendillement. *b*) Le recuit est un moyen efficace contre le fendillement, il provoque une diminution de la dureté du métal. Sa durée doit être d'autant plus longue qu'il est fait à une température plus basse. *c*) Toute cause endommageant la surface du métal favorise la formation de fissures. Particulièrement actifs dans ce sens, sont certains agents chimiques : mercure, solutions de sels de mercure ou d'ammoniaque, ammoniaque (par opposition à l'humidité et à l'oxygène). De nombreuses observations microscopiques ont montré que les fissures se produisent toujours dans la matière de l'alliage enrobant les cristaux et ne se développent à travers un cristal que lorsque leur extension n'est pas possible d'une autre façon. La cause en serait une résistance mécanique plus faible de cette matière et une sensibilité plus grande aux agents chimiques. L'étude du fendillement se rattache à la détermination de la répartition des efforts dans les pièces chargées, qui constitue le problème fondamental dans tout calcul de résistance des matériaux. Tout calcul semblable consiste, étant connue la résistance de rupture du matériel employé, à obtenir une répartition des tensions telle qu'en aucun point celles-ci ne dépassent une valeur maximum fixée. Or, les moyens actuels pour la détermination des tensions sont très réduits. La connaissance des constantes élastiques des métaux elles-mêmes, présente bien des lacunes, et les méthodes indirectes employées dans la technique (essais de flexion, de dureté, Brinnell, etc.), sont accompagnées de déformations de la matière, telles que leurs résultats ne donnent qu'une connaissance incertaine des constantes élastiques. L'auteur rappelle et décrit succinctement les essais tentés actuellement sur certains corps transparents dont la variation de l'effet de polarisation sous l'influence des tensions mécaniques internes permet une mesure directe de celle-ci. — A. R.

(1) Masing. *Elektrotechnische Zeitschrift*, 2 février 1922, t. XLIII, p. 152-155.

Digitized by Google

SECTION ÉCONOMIQUE & FINANCIÈRE

Revues, analyses et informations

Le problème de la socialisation en Allemagne.

M. Marcel Tardy a publié récemment dans la Bibliothèque de la Société d'Etudes et d'Informations économiques (1) un ouvrage sur ce sujet ; nous en signalons ci-dessous les points essentiels.

I. Premières théories étatistes après l'armistice. — Plus que partout ailleurs, on saisit sur le vif dans l'Allemagne d'après l'effondrement militaire de 1918 un violent contraste entre « l'éruption chaotique des passions et le besoin maladif de l'organisation ». Dès les premiers jours du gouvernement provisoire, une commission de socialisation est constituée et les discussions s'y ouvrent ainsi que dans la presse, assez vagues et hésitantes, l'accord consistant surtout sur cet article tout négatif du programme : pas d'étatisation. En fait, les essais ébauchés n'ont jamais évité cet écueil.

La première théorie vint de l'autrichien Otto Bauer, qui lui-même paraît tributaire de Walter Rathenau et surtout des « Guildes » anglaises ? Il proposait de socialiser les mines de fer et de charbon, les industries sidérurgiques. Partout ailleurs, on aurait institué des syndicats obligatoires, des conseils ouvriers complétant l'édifice. A ces influences, on se demande s'il ne convient pas d'ajouter celle de la Russie bolcheviste.

Quoi qu'il en soit, sous la poussée de revendications ouvrières ardentes et de grèves multiples, la socialisation s'impose de plus en plus aux préoccupations du gouvernement : « les majoritaires songeaient à promettre un peu et à tenir le moins possible ; les indépendants étaient d'avis de promettre et de tenir un peu plus ». Des commissaires sont chargés de contrôler la production et la vente du charbon ; les commissions ouvrières dans les mines sont désormais élues au scrutin direct et secret. Les ouvriers peuvent croire qu'on va marcher vers « la mine aux mineurs ! »

II. Projet Lederer, socialisation des mines. — Le premier projet mis sur pied par les commissions gouvernementales est connu sous le nom de son principal auteur, Lederer, socialiste indépendant. Il ne vise que les mines de charbon, quoi qu'il définisse lui-même son but : socialisation intégrale. La propriété des mines passe à un organisme nouveau : la communauté allemande du charbon ; on n'en définit pas la nature juridique ; sa politique de prix est soumise au contrôle de l'Empire, l'excédent de ses bénéfices va aux caisses de l'Empire. Les propriétaires actuels sont expropriés contre une indemnité payée en obligations de la communauté nouvelle. Celle-ci sera administrée par : 1° un Conseil d'Empire du charbon, élu, suivant une proportion qui a varié dans les projets successifs, en partie par les directions d'exploitation, en partie par les ouvriers, en partie par les consommateurs et par l'Empire ; 2° un Directoire d'Empire du charbon, pouvoir exécutif composé de cinq membres nommés par le Conseil pour cinq ans. Celui-ci nomme à son tour les directeurs des vingt à vingt-cinq districts régionaux. La communauté répartit elle-même et vend ses produits. Les communes procèdent ensuite à la répartition domestique. Pour l'exportation, on admet que la Communauté s'adresse au commerce privé. La participation ouvrière s'exerce aussi à la base, dans chaque exploitation, par un conseil de contrôle qui collabore à l'organisation du travail et à la fixation des salaires.

Entre ce schéma et le système anglais des Guildes on ne relève guère de différence importante si ce n'est la part d'influence accordée à l'Etat par les Guildesmen : la moitié des membres du Conseil des mines serait nommée par lui. Mais des deux côtés on présente la socialisation comme une application à la vie économique des principes de la démocratie, terme qui dissimule, en somme, le communisme. Le propre de la démocratie, en réalité, c'est l'égalité en droit de tous ses membres, sans considération de fonction économique, la liberté de chacun trouvant sa limite dans le respect de la liberté des autres et de la loi émanant de la volonté collective. Tous ont le droit de participer au gouvernement et d'acquérir des biens. Imparfaites nécessairement dans la pratique, les démocraties n'en sont pas moins essentiellement des sociétés de garanties mutuelles ; les transformer en sociétés d'administration de biens, c'est les défigurer radicalement et, sous prétexte de socialisation, paralyser leur essor. Une réorganisation économique conçue dans l'esprit démocratique, c'est-à-dire en vue d'assurer l'égalité des droits des citoyens, permettrait à tous les droits, y compris celui de propriété, de s'exercer sans restriction. C'est l'inverse même des projets de socialisation. Seul le bolchevisme le reconnaît ouvertement en traitant la démocratie de préjugé bourgeois. En Allemagne, la confusion signalée provient principalement des bouleversements politiques.

D'autre part, de l'Étatisme le système de la Communauté du charbon n'évite guère que le nom, rendu suspect par le régime de contrainte subi pendant la guerre. En fait, collèges électoraux, fonctionnaires, pouvoirs, sont reproduits, calqués sur ceux de l'Etat. Autorité et obligations y tournent en cercle et ne se fixent nulle part ; personne n'y assume une part de responsabilité déterminée. Chacun n'est responsable que quant à sa situation personnelle. Les intérêts de personne ne coïncident exactement avec ceux de l'entreprise. Comment échapperait-on à ces vices inhérents à l'étatisme économique ? Walter Rathenau a dépeint avec force, sous le point de vue surtout de communalisation, l'impuissance de cette construction théorique avec son « Conseil municipal artificiel ».

On n'y trouve même pas d'avantage sérieux pour les ouvriers en vue desquels le projet fut élaboré. A part le

(1) Un volume, format 19 cm × 12 cm, 232 p. En vente, au siège de la Société d'Etudes, Paris, 282, boulevard Saint-Germain et à la librairie Rivière, 31, rue Jacob ; Prix 5 fr.

Digitized by Google

droit d'élire les Conseils de contrôle, leur situation ne change nullement ; ils gardent une situation de salariés et c'est se payer de mots que de parler de « forme *technique* de répartition du résultat de la production entre producteurs ». En outre, comme de simples capitalistes, les champions de la socialisation comptent maintenir le système de la participation aux bénéfices.

C'est nager dans l'utopie que de prétendre obtenir des directeurs de la Communauté le plus d'initiative possible. Qui ne voit que le fonctionnarisme règnera fatalement dans cet échafaudage d'irresponsabilités ! Primes à la production impossibles à calculer équitablement, régime rigide de sanctions qui s'appliqueraient avec un mécanisme toujours injuste, tout concourrait à décourager l'effort opposé aux routines. Sans liberté de mouvements, pas de chefs énergiques et soucieux de l'intérêt général. Le dernier refuge des théoriciens de la socialisation c'est la prophétie utopique : « En socialisant l'éducation, on extirpera du cœur des hommes les germes de l'égoïsme et ils entreront avec joie dans le couvent socialiste » (Wilbrandt). Pourquoi tant de projets bouleversant l'industrie, si au terme on aboutit à l'ascétisme ?

III. Projets des socialistes majoritaires et des gouvernants. — En regard de ces systèmes, les majoritaires, au pouvoir, en ont tracé d'autres. C'est la socialisation vue d'en haut ou Planwirtschaft. Après Neurath, vinrent Wissell et von Mœllendorf. Ils reprennent en somme l'économie de guerre, mais en la complétant avec méthode ; des conseils paritaires de patrons et d'ouvriers siégeront à tous les degrés, jusqu'au Conseil économique central dirigeant toute la production nationale.

1° *Programme de Neurath.* — Le programme de Neurath, à peine mis sur le chantier en mars 1919 à Munich, disparut avec l'échauffourée d'avril qui proclamait la République des Soviets, et l'auteur fut emprisonné. Il prétendait enserrer « toutes les conditions d'existence de tous les hommes » dans un réseau de règlements publics ne présentant pas la moindra élasticité. La vie économique est un tout, la production sera calculée strictement sur la consommation ; l'office central comportera donc avant tout un service de statistique, une « centrale des comptes naturels » : on y calculera « la quantité maximum de pain, de viande, de logement, de vêtement, etc..., qui peut revenir à chaque individu ». En rendant immédiatement obligatoires les cartels, syndicats, coopératives, etc., déjà existants, on réaliserait peu à peu sans heurt le vaste organisme rêvé : système de groupes « verticaux » distingués non suivant les matières premières employées, mais suivant les produits finis. Un grand consortium bancaire réglerait le crédit et la circulation de la monnaie, qui bientôt ne consistera plus qu'en produits d'échange : couronnement de l'« économie naturelle ». L'« ersatz » de l'argent sera la prime à l'accroissement de la production. Tout ceci trouve une illustration éloquente dans la Russie bolchéviste telle qu'elle était avant le retour détourné au capitalisme. Aux fruits, jugeons l'arbre.

2° *Programmes de Wissell et von Mœllendorf.* — Wissell et von Mœllendorf visent plus d'opportunisme, tout en prétendant, eux aussi, réorganiser systématiquement l'industrie tout entière. Soucieux de ne pas heurter de front l'opposition, ce ministre et ce sous-secrétaire d'Etat bavarois de l'« Economie d'Empire » prétendent seulement compléter la révolution politique de 1918 et ils s'accommodent de la persistance de deux classes : bourgeoisie et prolétariat, on les équilibrera rigoureusement, non sans miner peu à peu le capitalisme et passer sans secousse de la propriété privée des industriels (non officiellement abolie, mais en fait annihilée) à la souveraineté du Conseil central, que Wissell appelle improprement un trust et qui seul aura qualité pour ouvrir ou fermer les exploitations, d'accord avec les ministres compétents.

IV. Loi du 23 mars 1919. — A quoi ont abouti pratiquement toutes ces spéculations ? A deux lois, dites du 23 mars 1919. L'une générale et bourrée de phraséologie creuse (maintien de la liberté personnelle !) entonne un hymne à la « Gemeinwirtschaft » (subordination des intérêts particuliers à l'intérêt commun) et ne contient guère que la promesse de lois sociales particulières. L'autre, sur l'économie du charbon, autorise le Reich à régler et contrôler cette industrie par un Conseil d'Empire superposé aux fédérations régionale et centrale. Un conseil d'experts élabore le règlement d'administration publique du 23 août 1919 qui fixe les modalités d'application de cette loi et n'a pas cessé, du moins sur le papier, de demeurer en vigueur depuis lors.

Le Conseil d'Empire du charbon compte 58 membres dont 15 représentent les exploitants de mines, 15, les ouvriers des mines, 3, les Etats et 25 les industries ou négoces tributaires du charbon, patrons et ouvriers. En principe, le Conseil se divise en trois sections techniques qui s'adjoignent des experts. A ses côtés et sous sa dépendance fonctionne le Conseil de surveillance de la Fédération d'empire du charbon, qui groupe l'ensemble des syndicats sous forme d'une société par actions. Chaque syndicat à son tour, société par actions ou à responsabilité limitée, mais toujours obligatoire, doit avoir deux ou trois représentants des ouvriers dans son Conseil de surveillance.

Cette législation sanctionne, à la suite de Rathenau et de Wissell, le principe du syndicat obligatoire. Elle a été étendue à l'industrie du fer. Déjà l'on constate au sein du Conseil d'empire de continuels conflits entre producteurs et ministère contrôleur, spécialement, comme on pouvait le prévoir, à propos des prix du charbon. Quant aux consommateurs représentés dans le Conseil, ils semblent avoir adopté, en général, le sage parti du silence ; leur juxtaposition aux producteurs ne peut produire que ce résultat négatif si elle n'engendre pas de nouvelles causes de désaccord endémique. On pourrait répéter ici les observations que s'attire d'elle-même la confusion de cette conception avec le prétexte démocratique dont elle s'affuble.

V. Concession du parti démocrate. — Il n'est pas jusqu'à certains groupements bourgeois qui, en entrant dans le gouvernement de coalition, aient dû faire aux théories socialisantes quelques concessions. Ce sont les catholiques du centre et surtout les « démocrates ». Ils avouent que l'initiative privée garde le secret de vérifier la production économique, et que le sens social ne la remplacera jamais effectivement. Ce n'est donc qu'à coups de paradoxes et de défaites qu'ils s'accommodent des théories de leurs alliés politiques : « Il peut arriver, écrit l'un d'eux, que la hardiesse de la socialisation des mines fasse surgir des hommes qui croient à cette fière parole : « Être Allemand, cela veut dire faire une chose pour l'amour d'elle-même — et agissent en conséquence. » Un autre démocrate, Horten, distingue trois catégories de chefs d'entreprise : 1° ceux qui dirigent des industries naissantes ou en voie de transformation et susceptibles de progrès sérieux ; 2° les capitalistes maîtres d'affaires arrivés à la stabilité ; 3° les directeurs, au service des précédents. Les industries du premier type ne sont pas mûres pour la socialisation. On écartera les capitalistes que l'Etat supplantera et il gardera les techniciens à ses ordres. Ce

Digitized by Google

beau projet oublie seulement que les administrateurs, non techniciens mais rompus aux questions financières, commerciales, contentieuses, etc... remplissent une fonction indispensable et que presque toujours les propriétaires de l'entreprise l'exercent eux-mêmes en y manifestant un intérêt tout naturel. L'artifice saute aux yeux ? Quant à Rathenau, il demande un délai de trente ans au maximum pour le rachat des mines, la prochaine génération devant avoir à coup sûr (?) le sens social qui manque à la nôtre. Ainsi le nouveau régime économique suppose la disparition préalable de l'instinct de la propriété, de l'égoïsme... Nous retombons dans la prophétie, à moins qu'il ne faille rattacher l'économiste allemand à notre Jean-Jacques Rousseau spéculant sur la bonté originelle de l'humaine nature. Ses livres ont exercé une influence importante dans son pays ; ils séduisent le lecteur germanique par leur mélange de mysticisme et de matérialisme bien indigène. Mais au fond, Ratheneau reste un brasseur d'affaires et ne se sert de la socialisation que pour mieux primer ses concurrents.

VI. Opposition des partis de droite et des individualistes. — La vague a-t-elle submergé tout ce qui pense au delà du Rhin ? Se l'imaginer serait oublier, d'une part la puissance des partis politiques de réaction, droite et « populaires », de l'autre, les industriels individualistes qu'un nom symbolise : Stinnes. Tous les arguments de l'école libérale soutiennent l'activité remarquable de ce personnage, que M. Tardy n'hésite pas à qualifier de « la plus grande figure de l'Allemagne contemporaine » et que ses adversaires représentent à l'envi comme accapareur ou chef de trust « colossal ». Il repousse toute contrainte légale comme absurde autant qu'opposée au relèvement économique de son pays ». Les unions des grandes entreprises, écrit-il, ne peuvent fonctionner que si elles sont libres ». Cela posé, de larges concentrations, notamment des industries extractives et métallurgiques, leur assureront sécurité, intensité de production, mouvement croissant vers l'exportation. On sait que depuis 1920, les chiffres donnent raison à Stinnes et à ses partisans et collaborateurs ; l'exportation des produits ouvrés suit une courbe ascendante. Le mode de groupement qu'il préconise consiste essentiellement en communauté d'intérêts ; par exemple toutes les industries consommant de fortes quantités de charbon se fédéreraient par régions et, établissant entre elles une intime solidarité financière, se prêteraient, ainsi qu'aux mines, le concours le plus propice aux progrès de leur outillage, exploitation, rendement, etc. Ce serait l'entr'aide industrielle. Quant à l'intérêt du personnel dans les entreprises, son meilleur mode d'expression pratique revêtirait deux principales formes : faire accéder ce monde du travail à la propriété même, en obtenant la création de petites action valant nominalement 100 marks, et favoriser l'instruction supérieure des meilleurs ouvriers pour leur ouvrir les postes techniques d'ingénieurs et directeurs.

De divers côtés une agitation, malgré tout superficielle, éleva de bruyantes protestations contre ce socialisme édulcoré. Imbusch, Bernhard, Kraemer, le gouvernement lui-même publièrent ou annoncèrent de nouveaux projets vers la fin de 1920 et en avril 1921. Il semble malgré tout que les choses traînent en longueur pour aboutir à peu près au statu quo. L'énergie des revendications reste plus apparente que réelle ; quelques socialistes sincères comme Max Cohen et Erwin Barth laissent constater leur désenchantement et leur scepticisme ; cette conclusion assez clairvoyante ou au moins vraisemblable s'impose au plus grand nombre : « Nous n'arrivons pas au terme du régime capitaliste, mais au début d'une nouvelle époque capitaliste. »

VII. Conclusion. — En tout cas, et quelle que doive être l'orientation prochaine de l'Allemagne économique et politique, les tentatives de socialisation, toutes improvisées depuis trois ans et demi, ont fait long feu et ont marché d'échecs en échecs. Les partis socialistes abandonnent l'un après l'autre les îlôts de pouvoir que l'étonnement de leurs ennemis leur avait laissé prendre sans coup férir. Le système des Conseils s'est restreint à un fédéralisme économique que le capitalisme a su s'assimiler. Une seule puissance a grandi au milieu du chaos : les fédérations des industriels. La poussée socialiste d'ailleurs éparpillée en partis sans cohérence, n'aurait-elle pas été plus superficielle que ses éclats ne le laissent d'abord supposer ? En croyant « avancer sur le plan social » n'a-t-on pas fait, en réalité, surtout de la politique et poursuivi en zigzag la liquidation de « l'aventure prussienne et bismarckienne » que déclancha la défaite de 1918 ? Il restera évident pour les esprits impartiaux que le mécanisme de la production collectiviste qu'escomptaient les divers théoriciens cités plus haut ne résulte pas fatalement de la concentration industrielle. Au contraire, l'expérience devrait concilier un respect général aux lois économiques dont on ne violente pas le libre jeu, mais dont, d'autre part, l'intelligence et l'initiative, disciplinées par l'éducation technique, font jaillir toujours de nouvelles sources de féconds progrès.

Ces conclusions nous paraissent se dégager sans la moindre difficulté d'un exposé remarquablement objectif et basé sur des documents de première main. Nous sera-t-il permis d'ajouter que, mutatis mutandi, de ce côté-ci du Rhin il n'est pas inutile : d'abord de connaître toute cette évolution sociale d'un pays, à tant d'égards et plus que jamais solidaire du nôtre ; ensuite, d'en extraire pour notre propre orientation quelques leçons pratiques de sagesse économique, susceptible d'inspirer des efforts effectifs vers l'équilibre stable du capital et du travail, ces deux frères et non pas ces deux inséparables agents de tout le rythme de la vie.

G. M.

Assemblées générales

Société des Forces motrices d'Auvergne.

Assemblée générale ordinaire du 16 juin 1922.

L'année 1921 restera dans le souvenir de toutes les sociétés productrices d'énergie hydroélectriques comme l'année de la plus désastreuse sécheresse qui se soit vue ; elle s'est signalée aussi bien par la baisse profonde des étiages que par la durée, jusqu'ici inconnue, pendant laquelle elle a sévi.

Les nombres suivants, empruntés aux statistiques, donneront une idée très nette du phénomène météorologique dont l'exercice a dû supporter les fâcheuses conséquences ; la moyenne des débits de la Dore pendant dix années, à partir de 1908, est de 16,75 $m^3 : s$; le débit moyen qui était

Digitized by Google

déjà descendu à 12 m³ : s en 1920, année sèche, s'est abaissé à 6,6 m³ : s en 1921, se maintenant à 2,3 m³ : s pendant le second semestre de l'année ; les réserves souterraines d'eau, déjà fort diminuées par la sécheresse de 1920, ont complètement disparu, comme le montrent les sources et les puits taris ; il est à souhaiter que la reconstitution de ces réserves, qui servent de régulateur au débit des rivières, se fasse rapidement et cela n'est possible que par une saison de pluies prolongée.

Or, ce sont ces débits moyens qui ont servi de base aux accords avec les municipalités et les ingénieurs chargés du contrôle des distributions pour établir, d'après la durée probable des fournitures thermiques, le nombre des millimes de la majoration charbon à inscrire dans les nouveaux tarifs.

Les résultats d'exploitation des deux derniers exercices justifient pleinement le relèvement de ces tarifs qui doivent être assez élevés, non seulement pour permettre une rémunération équitable du capital, mais aussi pour faciliter la constitution de réserves spéciales de prévoyance suffisantes pour parer à des éventualités semblables à celles que la société a dû subir en 1920 et en 1921.

Un premier groupe Diesel de 600 ch a été mis en service en juillet et le second en septembre ; on a pu, grâce à ce nouveau service thermique, assurer son service d'une façon continue sans être obligés de recourir à des restrictions dont tant d'entreprises ont été victimes dans d'autres régions généralement mieux partagées au point de vue hydraulique ; la clientèle force s'est trouvée ainsi bénéficier d'une situation tout à fait privilégiée grâce aux importants sacrifices consentis.

La Société de la Credogne, dont la plupart des actions sont au portefeuille de la société, annonce qu'elle ne distribuera aucun dividende pour l'exercice 1921 ; elle n'a pu encore terminer ses accords avec les municipalités et les ingénieurs chargés du contrôle des distributions au sujet du relèvement nécessaire de ses tarifs.

Le Conseil d'administration, dans sa séance du 25 juin 1921, a décidé la création de 1 200 bons décennaux de 500 fr rapportant un intérêt de 7 pour 100 net de tous impôts français présents et futurs remboursables au pair le premier octobre de chacune des années 1922 à 1931 par tranches égales de 60000 fr ; cette émission a été réalisée dans des conditions satisfaisantes.

Les recettes de l'exploitation et bénéfices sur installations atteignent 1 699 198,47 fr.

Les dépenses frais généraux d'exploitation, d'entretien atteignent 678 413,74 fr. Les frais d'exploitation vapeur se sont élevés à 721 778,96 fr.

Le bénéfice brut ressort à 299 005,77 fr.

Si l'on tient compte de ce fait que l'exercice 1920 a supporté les charges de l'accident arrivé au canal qui figurent pour 30000 fr à l'entretien et pour 210000 fr aux frais vapeur, on voit qu'en réalité les dépenses d'entretien sont en augmentation de 62 137,34 fr et les frais d'exploitation vapeur en augmentation de 181 884,17 fr par suite de la prolongation exceptionnelle de la sécheresse, et cela malgré la baisse des charbons et l'usage fait du mazout, dont le prix reste très élevé.

En retranchant du bénéfice brut les intérêts et amortissements des obligations, la dépréciation sur les titres et créances irrécouvrables, on obtient le produit de l'exercice 19 856,55 fr.

Ce solde est employé à l'amortissement des installations en location, l'outillage, mobilier et agencement.

Le compte spécial, accident-canal contient les dépenses effectuées en 1920 et 1921, soit 865 710,57 fr ; elles comprennent l'excédent de frais vapeur entraîné par l'indisponibilité du canal, soit à l'usine de Sauviat soit par des achats de courant à la Compagnie du Bourbonnais et à la Société hydroélectrique d'Auvergne pour parer à l'insuffisance de moyens de production thermique, les frais de construction du canal provisoire en bois, les frais des travaux confortatifs provisoires et enfin les travaux définitifs de réfection et de consolidation des ouvrages hydrauliques, pendant la campagne de travaux ouverte le 15 août 1921.

L'importance de ce compte, qui s'augmentera encore de toutes les dépenses des travaux qui vont être effectués pendant la prochaine campagne, est telle, qu'il est nécesaire d'en répartir la charge sur plusieurs exercices pendant lesquels il sera procédé à son amortissement.

Au crédit du même compte, il a été porté les amortissements effectués en 1920 s'élevant à 240000 fr. Il y est affecté les profits et pertes reportés en 1920 soit 86001,01 fr et la réserve spéciale de prévoyance de 80000 fr.

De cette façon, le solde de ce compte figurera au bilan après répartition pour la somme de 459 709,56 fr, soit au total 865 710,57 fr.

BILAN AU 31 DÉCEMBRE 1921.

Actif.

	fr
Apports payés en espèces	Mémoire
Frais de constitution et d'émissions	140 072,75
Etudes, projets et divers	Mémoire
Installations gratuites	Mémoire
Prime de remboursement des obligations	65 050 »
Dépenses de premier établissement	3 667 106,45
Travaux en cours	2 160 194,76
Installations en location	55 063,72
Acquisitions de terrains et immeubles	452 736,03
Outillage, mobilier et agencement	53 283,37
Accident canal	625 710,57
Loyer d'avance et cautionnements	2 195 »
Caisses et banques	391 735,63
Portefeuille-titres	185 000 »
Débiteurs divers	245 172,53
Impôts à recouvrer	10 190,39
Marchandises en magasin	321 049,47
	8 374 560,67

Passif.

	fr
Capital social	3 000 000 »
Obligations 4,5 pour 100 :	
En circulation	736 500 »
Amorties en 1921	64 500 »
Obligations 6 pour 100	2 500 000 »
Bons décennaux 7 pour 100	600 000 »
Réserve légale	76 853,48
Réserve spéciale de prévoyance	80 000 »
Avances sur consommations	795,59
Effets à payer	402 970 »
Créditeurs divers	676 971,77
Coupons restant à payer et obligations à rembourser	130 113,27
Profits et pertes :	
Report des exercices précédents	86 001,01
Report de l'exercice 1921	19 856,55
	8 374 560,67

Digitized by Google

SECTION DE LÉGISLATION

La législation et la réglementation des réseaux ruraux d'énergie électrique

Nous pensons intéresser nos lecteurs en leur donnant, ci-après, le texte qui vient de nous être communiqué par le Syndicat professionnel des Producteurs et Distributeurs d'Energie électrique, d'une circulaire adressée récemment par lui à tous ses membres actifs et qui a pour but de donner quelques indications précises sur la législation et la réglementation actuellement en vigueur pour ce qui concerne les divers groupements susceptibles de jouer un rôle dans la production et la distribution de l'énergie électrique dans les campagnes.

Comme suite aux communications que nous avons déjà eu l'occasion de vous adresser relativement aux réseaux ruraux d'énergie électrique, nous croyons devoir vous donner ci-dessous, à toutes fins utiles, un résumé de la législation de la réglementation qui régissent actuellement ces réseaux ; ce résumé sera notamment de nature à vous faciliter la lecture des documents que nous vous avons envoyés par notre circulaire n° 54, du 19 juin 1922.

Il importe, en premier lieu, de ne pas confondre les divers groupements qui, suivant les cas, sont chargés de la constitution ou de l'exploitation des réseaux ruraux. Il est également intéressant, pour les producteurs et distributeurs d'énergie électrique, d'être fixés sur le rôle que peuvent respectivement jouer ces groupements, sur les subventions et les facilités qui leur sont accordées par l'Etat et sur les attributions dévolues à cet égard aux services dépendant, d'une part, du Ministère des Travaux publics, et, d'autre part, du Ministère de l'Agriculture.

Notre législation prévoit trois sortes de groupements qui peuvent avoir un rôle à jouer en matière de réseaux ruraux d'énergie électrique :

1° Les communes elles-mêmes ou les syndicats de communes ;

2° Les associations syndicales ;

3° Les sociétés coopératives agricoles et les sociétés d'intérêt collectif agricole.

1. **Communes et syndicats de communes.** — Il est assez rare à notre connaissance que les communes rurales se chargent directement de la construction ou même de l'exploitation en régie des réseaux de distribution, mais il est à peine besoin de rappeler qu'il leur est loisible de le faire dans les termes de la loi municipale du 5 avril 1884. Le titre VIII ajouté à cette loi par la loi du 22 mars 1890, elle-même complétée et modifiée par la loi du 13 novembre 1917, prévoit la constitution de syndicats de communes, qui peuvent être fondés à la suite de simples délibérations concordantes de deux ou plusieurs conseils municipaux, appartenant au même département ou à des départements limitrophes, délibérations sanctionnées ensuite par un décret rendu en conseil d'Etat.

Nous vous avons récemment envoyé avec notre circulaire n° 54 précitée deux formules de délibérations de conseil municipal à cet effet.

Les Syndicats de communes sont des établissements publics investis de la personnalité civile ; ils sont administrés par un Comité composé de représentants des communes syndiquées et ils ont dans leurs attributions la création et l'entretien d'établissements ou services intéressant les communes qui en font partie ; c'est ainsi qu'ils peuvent parfaitement, comme les communes elles-mêmes, construire et exploiter directement en régie un réseau de distribution d'énergie électrique (1).

Il arrive d'ailleurs plus fréquemment que les communes ou les syndicats se bornent à subventionner plus ou moins largement des producteurs et distributeurs appartenant à l'industrie privée, auxquels ils accordent en même temps des concessions municipales conformes à la loi de 1906 et au cahier des charges-type.

Dans l'un et l'autre cas, il résulte des diverses circulaires du Ministère de l'Agriculture et notamment des instructions envoyées par ce ministère aux ingénieurs en chef du Génie rural, à la date du 15 juin 1920, que lorsqu'une commune ou un syndicat de communes crée ou subventionne un réseau destiné à satisfaire avant tout des besoins agricoles, une subvention peut lui être accordée sur les fonds du Ministère de l'Agriculture. Cette subvention ne doit pas, en général, dépasser le tiers des dépenses que les communes auront prises à leur charge. D'autre part, l'Etat peut également se charger de l'étude gratuite du projet technique. Dans le cas spécial où la commune ou le syndicat de communes exploite directement le réseau en régie, la proportion maximum du tiers des dépenses que l'Etat peut prendre à sa charge ne concerne que la subvention accordée pour la *construction* du réseau ; au contraire, pour les dépenses *d'exploitation*, la contribution de

(1) *R. G. E.*, 20 mai 1922, t. XI, p. 763.

Digitized by Google

l'Etat est alors exceptionnelle : elle ne peut consister que dans une somme, une fois versée, ne dépassant pas le tiers du capital correspondant aux annuités à payer par la commune, suivant l'estimation du Service du Génie rural.

2. **Associations syndicales.** — Les Associations syndicales sont des associations formées entre propriétaires intéressés à un travail d'utilité collective. Elles ont été réglementées par les lois des 21 juin 1865 et 22 décembre 1888 qui leur ont notamment donné la personnalité civile.

Ces associations peuvent avoir notamment pour objet l'exécution et l'entretien de travaux, parmi lesquels la loi prévoit expressément : « Toutes améliorations agricoles ayant un caractère d'intérêt collectif » et « toutes améliorations ayant un caractère d'intérêt public dans les villes et faubourgs, bourgs, villages et hameaux ». Il est évident qu'elles peuvent prendre l'initiative de la construction ou de l'exploitation de lignes de distribution d'énergie électrique, à condition qu'il s'agisse de lignes pouvant être considérées comme destinées à l'amélioration d'une ou de plusieurs propriétés comprises dans l'association.

Lorsque ces caractères sont réunis et que l'association syndicale construit ou exploite une ligne, l'Etat peut intervenir, comme dans le cas d'une commune ou d'un syndicat de communes, en étudiant gratuitement le projet technique et en accordant à l'association, sur les fonds du Ministère de l'Agriculture, des subventions qui peuvent être au maximum de la moitié des dépenses supportées par cette association.

3. **Sociétés coopératives agricoles et sociétés d'intérêt collectif agricole.** — Ces groupements, dont nous vous avons également communiqué des formules de statuts-types [1], étaient simplement régis jusqu'en 1920 par les lois sur les sociétés. Leur fonctionnement a été facilité et simplifié par la loi du 5 août 1920.

La loi du 29 décembre 1906 avait créé des caisses régionales de crédit agricole ayant pour but de répartir les avances à long terme consenties par l'Etat. Depuis la loi du 5 août 1920 ces caisses portent le titre de « Caisses de crédit agricole mutuel » et l'on distingue des caisses locales et des caisses régionales. Les avances qu'elles peuvent consentir sont productives d'un intérêt de 2 pour 100 : elles sont remboursables en 15 ans et peuvent être, au maximum, égales au double du capital souscrit par les associés. Lorsque les Sociétés, dans la mesure où leurs statuts légaux le leur permettent, établissent et exploitent des réseaux de distribution d'énergie, le concours qui peut leur être accordé par l'Etat se borne, en principe, aux avances que nous venons d'indiquer.

La procédure à suivre avait d'ailleurs été fixée par un arrêté ministériel du 31 octobre 1908. Les fonds nécessaires sont aujourd'hui constitués par une avance de 40 millions et une redevance annuelle versées par la Banque de France à l'Etat, en vertu d'une convention du 26 octobre 1917, approuvée par la loi du 20 décembre 1918. Cette avance et cette redevance ont été mises à la disposition du Gouvernement par l'article 26 de la loi du 5 août 1920, pour être remises aux Caisses régionales de crédit agricole.

En outre, l'Etat peut, sous forme de subvention, accorder aux sociétés le sixième des frais de premier établissement des réseaux, mais cette subvention vient en déduction des avances. Très exceptionnellement, l'Etat peut même leur accorder, sur les fonds du Ministère de l'Agriculture, des subventions supplémentaires. Enfin, ici, encore, les premiers projets techniques peuvent être établis gratuitement par l'Etat. Le Service du Génie rural doit d'ailleurs être consulté préalablement à toute avance et à toute subvention : il communique à cet effet son avis technique sur les projets au Service du Crédit mutuel agricole, chargé de l'application de la loi sur les avances à long terme de l'Etat.

Ces principes s'appliquent aussi bien aux sociétés coopératives agricoles qu'aux sociétés d'intérêt collectif agricole. La différence entre ces deux sortes de sociétés est la suivante : les sociétés coopératives agricoles sont des sociétés civiles régies, en dehors des points réglementés par la loi du 5 août 1920, par les articles 1832 et suivants du Code civil sur le contrat de société. C'est le caractère coopératif qui prédomine chez elles : il en résulte qu'elles ne peuvent admettre parmi les usagers de l'entreprise qui fait leur objet que des sociétaires. Au contraire, les sociétés d'intérêt collectif agricole, régies, elles aussi, par la loi du 5 août 1920, sont soumises, pour tous les points non réglés par cette loi, à la loi du 24 juillet 1867 sur les sociétés par actions : elles fonctionnent sous la forme de sociétés anonymes à capital et personnel variables, et elles peuvent comprendre parmi les usagers de l'entreprise qui forme leur objet non seulement les porteurs de parts, mais même des non sociétaires. Il résulte de la loi même du 5 août 1920 (art. 22, 3°) que cette seconde forme est obligatoire pour les sociétés qui poursuivent l'obtention d'une concession en vue de l'établissement et de l'exploitation d'un réseau d'énergie électrique.

Il nous reste à définir le rôle des services administratifs chargés de l'application des lois et règlements concernant la création des réseaux ruraux. Il ne faut pas confondre, en effet, les attributions des agents du contrôle des distributions d'énergie électrique dépendant du Ministère des Travaux publics avec celles des ingénieurs du Génie rural ressortissant au Ministère de l'Agriculture.

Une loi du 5 avril 1903 avait créé à ce dernier ministère un service dit « des améliorations agricoles » comportant un corps d'ingénieurs répartis sur tout le territoire et chargés de toutes les questions techniques concernant l'agriculture et dans lesquelles l'Etat pouvait avoir à intervenir. C'est ce service qui a été transformé

[1] Dans un article sur « la nécessité de développer les applications agricoles de l'électricité », M. Lévy-Salvador a reproduit les statuts de Société coopérative de l'Électricité de Roisel (Somme). *La Revue Électrique*, 5 novembre 1915, t. XXIV, p. 274-278.

Digitized by Google

par le décret du 26 décembre 1918 et qui a pris, à cette date, le titre de service du Génie rural, les ingénieurs qui le composent sont donc désormais des « ingénieurs du Génie rural ». Ils sont recrutés dans uue section spéciale de l'Ecole des Eaux et Forêts de Nancy.

Ainsi qu'il résulte des explications données plus haut, ce sont les ingénieurs du Génie rural qui sont appelés à donner leur avis préalablement à la constitution de toutes sociétés coopératives agricoles, sociétés d'intérêt collectif agricole ou associations syndicales, ainsi que sur les projets élaborés par ces sociétés et rentrant dans leur cadre normal, notamment les projets d'établissement des réseaux de distribution d'énergie électrique. Ces services examinent également l'opportunité et le quantum des subventions qui peuvent être accordées par le Ministère de l'Agriculture.

Mais il est de toute évidence que le fonctionnement de ces services doit se combiner avec celui du contrôle des distributions d'énergie électrique, dépendant du Ministère des Travaux publics. La loi du 15 juin 1906 et les nombreux textes légaux ou réglementaires qui la complètent ne sont nullement abrogés pour ce qui concerne les réseaux ruraux. Le service du contrôle garde donc toute sa compétence pour l'examen des projets, même lorsque ceux-ci ont été établis par le Génie rural. Il en résulte également, et nous croyons utile d'insister tout spécialement sur ce point, que les groupements quelconques, dont nous avons résumé le régime, qui construisent les réseaux ou exploitent les secteurs de distribution, doivent se conformer à toutes les exigences de la loi de 1906, exactement dans les mêmes conditions que n'importe quel producteur ou distributeur d'énergie. Ils peuvent donc fonctionner, théoriquement du moins, sous le régime de la permission de voirie ou sous le régime de la concession, sauf, bien entendu, les cas d'exploitation en régie par une commune ou un syndicat de communes. Toute la procédure des demandes, soit de concession communale, soit de concession d'Etat, reste applicable à ces groupements, qui doivent, lorsqu'ils sont demandeurs en concession, soumettre à l'approbation des fonctionnaires des Travaux publics des projets de cahiers des charges conformes aux types du 28 juin 1921.

Ces règles ont d'ailleurs été rappelées tant aux ingénieurs en chef du Génie rural qu'aux ingénieurs en chef du contrôle des distributions d'énergie électrique par diverses circulaires du Ministère de l'Agriculture et du Ministère des Travaux publics; c'est ainsi qu'une circulaire de ce dernier ministère, en date du 15 juillet 1920, précise, avec quelques détails, les principes qui doivent présider à la collaboration nécessaire des deux services.

Il résulte de l'énoncé même de toutes les règles que nous venons de résumer que les entreprises privées de production et de distribution d'énergie électrique ne doivent pas se désintéresser de la constitution des divers groupements d'intérêt général ayant pour but l'extension des réseaux ruraux. Par la force des choses, la sphère de fonctionnement de ceux-ci ne peut être déterminée qu'en tenant compte des réseaux existants; de plus, dans un grand nombre de cas, les nouveaux réseaux deviendront les clients des entreprises de production.

Il résulte d'ailleurs des renseignements que nous ont fournis nos adhérents, en réponse à notre circulaire n° 41, que déjà, dans un assez grand nombre de régions où des réseaux ruraux se sont constitués sous l'une des formes indiquées ci-dessus, l'opération s'est presque toujours faite en plein accord avec les anciens concessionnaires et souvent même sur leur initiative.

Revues, analyses et informations

La France et les huit heures

MM. André François-Poncet et Emile Mireaux ont donné, dans un ouvrage récemment publié sous ce titre (1), un exposé parfaitement objectif et circonstancié de la réglementation française de la durée du travail, nettement délimitée, dans le temps, depuis la loi du 23 avril 1919 jusqu'au 1er janvier 1922; dans l'espace, au double point de vue des essais de législation internationale et des dispositions en vigueur dans la plupart des pays, en premier lieu, bien entendu, chez les nations dont la production industrielle conditionne l'économie mondiale depuis la guerre. Donnons un succinct aperçu des six chapitres qui le composent.

Dans quelles conditions la loi du 23 avril 1919 a institué en France la journée de huit heures. — Au lendemain de l'armistice, on constate un grand courant d'idéalisme; une ère nouvelle va s'édifier sur les ruines de toutes les compétitions sanglantes et fratricides; le nom du président Wilson restera attaché à ce noble, mais trop utopique état d'esprit, que la France accueillit avec une ardeur particulière, bien conforme à sa générosité traditionnelle. Mais il s'y mêla, parfois presque inconsciemment, la « hantise du bolchevisme », la préoccupation d'endiguer le flot rouge. Le syndicalisme, plus encore que le socialisme, eut ainsi le vent en poupe et si l'établissement d'un ordre nouveau ne pouvait être d'emblée envisagé, faute de programme d'ensemble et de puissants réalisateurs, du moins l'un des articles les plus populaires des revendications ouvrières, déjà cher aux grands'pères de 1848, — les fameux « Trois-Huit » — s'offrait de lui-même, étant commun à toutes les fractions du socialisme et pouvant préparer des transformations plus profondes.

Le public était d'avance sympathique à la cause des huit heures. Le gouvernement et le patronat, avec diverses nuances, étaient également disposés en sa faveur. Aussi les travaux législatifs préparatoires et la discussion aux Chambres furent-ils rapides. Les dix représentants patronaux et les dix représentants ouvriers adjoints le 1er mars 1909 à la Commission des Traités internationaux du travail fut également chargée de l'examen du projet de loi. Du 15 mars au 7 avril, en cinq séances, cette Commission paritaire —

(1) Un volume, format 19 cm × 12 cm, de 268 pages, de la Bibliothèque de la Société d'Etudes et d'Informations économiques; en vente au siège de cette Société, Paris, 282, boulevard Saint-Germain et à la Librairie Rivière, 31, rue Jacob. Prix, 7 francs.

Digitized by Google

non insensible, semble-t-il, au raisonnement de la C. G. T. : « Donnez-nous la journée de huit heures avant le 1er mai, ou nous ne répondons de rien » — avait mis sur pied la future loi. Des avertissements sérieux, visant la nécessité du travail intensif dans un pays dévasté comme la France de 1919, des considérations économiques émanant, entre autres, de la Chambre de Commerce de Paris ; l'expérience déjà faite partiellement dans les bassins houillers et se soldant par un abaissement d'environ 10 pour 100 de la production, l'impossibilité de considérer comme indéfiniment perfectible le machinisme, succédané de la main-d'œuvre, tous ces arguments mis en avant par plusieurs membres qui tinrent expressément à dégager leur responsabilité de « l'erreur économique » où d'après eux l'on s'engageait ne résistèrent pas à la quasi-certitude d'après laquelle le principe des huit heures figurerait dans le Traité de paix ; devant une mesure universelle, patrons comme ouvriers ne pouvaient que s'incliner.

M. Justin Godard rapporta dès le 16 avril sur le projet. Il estime que la production augmentera, que la journée de huit heures dépeuplera les cabarets : « réalisation de justice, rénovation industrielle, progrès humain, paix sociale » vont être également stimulés. Bon nombre d'Etats, devançant la législation internationale, n'ont-ils pas déjà prêché d'exemple ? Et l'honorable rapporteur cite indistinctement, en appendice, « un décret espagnol, une ordonnance allemande, une loi tchéco-slovaque, une loi de l'Etat de Panama... » sans données précises sur la portée de ces textes, tous à peine nouveau-nés ! Le seul discours important en séance de la Chambre, celui de M. Albert Thomas, procèda lui aussi par voie d'affirmations ; c'est « un acte de foi ». M. Tournade éleva quelques réserves assez timides, mais qualifia la loi d'expérience sociale nécessaire ». Un amendement Briand emporta le vote unanime de l'ensemble : « la réduction des heures de travail ne pourra, en aucun cas, être une cause déterminante de la réduction des salaires ». Au Sénat, par contre, M. Touron critiqua rigoureusement le projet et soutint, arguments à l'appui, que la journée de 8 heures entraînerait une diminution de la production, en soi, aussi grave si elle s'étend à tous les peuples, que si elle bouleversait l'équilibre entre nations, les unes travaillant plus que les autres. Le Sénat put ainsi mesurer la portée de son vote. Le 23 avril, la loi était promulguée.

II. La loi du 23 avril 1919. — Son texte est bref, il pose des principes dont les adaptations pratiques ressortiront au Conseil d'Etat et aux règlements d'administration publique. La loi concerne l'ensemble des travailleurs : hommes, femmes et enfants ; « établissements industriels et commerciaux, de quelque nature qu'ils soient, publics ou privés, laïques ou religieux, même s'ils ont un caractère d'enseignement professionnel ou de bienfaisance ». D'autre part, c'est une loi unilatérale ; elle n'oblige que les patrons, le même patron ne peut faire travailler plus de 8 heures, mais le même ouvrier ou employé, quand il a terminé ses huit heures, a pleine licence de travailler plusieurs heures encore dans un autre chantier. Cette inconséquence a-t-elle suffisamment retenu l'attention du législateur ? Quant aux dérogations, on en prévoit deux sortes, les permanentes pour les travaux préparatoires ou complémentaires ; les temporaires, strictement limitées aux cas de surcroît extraordinaire de travail, de nécessité nationale ou d'accidents ; aucune dérogation n'est laissée loisible à la libre convention des parties. Enfin, à raison de l'amendement Briand, le taux du salaire, égal désormais pour huit heures à celui des dix heures d'auparavant, se trouve augmenté de 25 pour 100.

Sans attendre les règlements fixant en détail l'application de la loi, plusieurs industries (métallurgie, bâtiment) s'y adaptèrent de leur propre initiative ; au total, la réforme fut appliquée dans les derniers mois de 1919. Les règlements fixèrent, entre autres, des maxima d'heures supplémentaires, variant le plus souvent de 100 à 150 heures par an et dont l'horaire doit être accepté à l'avance par les ouvriers et homologué par l'inspecteur du travail.

III. Les échecs successifs de la législation internationale du travail. — Le 28 juin 1919, le traité de Versailles (partie XIII : Travail) parut donner raison à ceux qui venaient de proclamer leur foi en une législation internationale du travail comportant la journée de huit heures. L'art. 427 proclame « l'adoption de la journée de huit heures ou de la semaine de quarante-huit heures comme but à atteindre partout où il n'a pas encore été obtenu ». Ce sera l'une des missions de l'Organisation permanente du Travail dont le traité prévoit la création. On sait que cet organisme comprend un foyer d'études : Le Bureau international du Travail, établi au siège de la Société des Nations et une Assemblée délibérative : La Conférence générale des représentants des membres. Ceux-ci s'engagent à proposer dans le délai d'un an à leurs autorités nationales respectives les recommandations ou projets de conventions adoptés par la Conférence. C'est tout. « La Conférence propose et les nations disposent ». En définitive, rien dans le traité ne venait donc assurer que l'exemple de la France adoptant la journée de huit heures serait suivi. Cela n'empêcha pas nos pouvoirs publics de réduire la durée du travail dans les mines (loi du 24 juin 1919) et d'étendre les huit heures à la marine marchande (loi du 2 août 1919) escomptant toujours la ratification spontanée par les divers pays des conventions qu'allait décider la prochaine Conférence du Travail.

Celle-ci s'ouvrit à Washington le 29 octobre : quarante-deux Etats y étaient représentés. Y manquaient : l'Australie... et les Etats-Unis qui n'avaient pas ratifié le traité de Versailles. Par 83 voix contre 2 (les représentants patronaux du Canada et de la Norvège), après une discussion longue et peu serrée, un projet de Convention limitant à quarante-huit heures par semaine la durée du travail dans l'Industrie fut adopté. Il est incontestablement moins rigoureux que la loi française : l'article 4 permet cinquante-six heures dans les travaux à feu continu (soit un peu plus de neuf heures par jour, ou suppression du repos hebdomadaire qui reste intangible en France). De graves dérogations sont, en outre, accordées à l'Inde anglaise et au Japon, malgré la délégation ouvrière de ce dernier pays, il y a peut-être là une étape judicieusement conçue, mais la concurrence européenne sur les marchés asiatiques en souffrira.

Restait à sanctionner ce projet. Aux Etats-Unis, la question ne se posait pas, nous l'avons vu. En Angleterre, après de longs atermoiements, les Communes, sur une motion du Gouvernement, écartèrent la ratification, le 1er juillet 1921, pour diverses considérations pratiques qui dérivent de celle-ci : on ne plie pas en bloc « les habitudes et coutumes nationales au moule de l'intertionalisme ». La Grande-Bretagne tient à garder sans restriction la faculté des heures supplémentaires et demande à l'Organisation internationale du Travail des modifications en ce sens, ainsi que pour l'industrie des transports. L'exemple de ce grand pays fut fatal à la convention de Washington. L'Allemagne étudie des mesures beaucoup moins strictes. L'Italie a ajourné sa décision, non douteuse. La Suède et les Pays-Bas repoussent la ratification. Les Etats fédératifs : Canada, Australie, Afrique du Sud, rencontrent des difficultés constitutionnelles ou éludent la proposition. L'ont seules ratifiée : la Grèce, la Roumanie, l'Inde britannique, à qui la convention accorde une situation privilégiée, et la Tchéquo-Slovaquie, qui possède une loi autorisant 240 heures supplémentaires par an. Au bout du compte, un accord franco-belge du 24 janvier 1921 reproduisant les projets de convention de Washington et ouvrant un protocole pour recueillir l'adhésion des autres Etats, restés depuis lors sourds à cet appel, voilà l'unique résultat pratique de la Conférence de Washington.

Celle qui reprit la suite de ses travaux, à Gênes (juin-juillet 1920), étudia l'application de la journée de huit heures à la marine marchande. La Grande-Bretagne s'y montra carrément hostile. Le projet, n'ayant pas recueilli les deux tiers des voix (48 pour, 25 contre), fut repoussé. La France, qui, là encore, avait pris les devants, était battue. Dans le domaine maritime, l'idée d'une législation internationale de

Digitized by Google

la durée du travail a subi un échec définitif. Une dernière déception était réservée aux syndicalistes français : les gens de mer britanniques non seulement ne répondirent pas à la décision de Gênes par une grève générale, mais « n'esquissèrent pas même un geste de protestation ».

Dans sa troisième session, à Genève (octobre 1921) l'Organisation internationale du Travail a fait affirmer sa compétence en matière agricole, mais ce principe reste théorique et cette fois la France prit l'initiative de s'opposer à la discussion d'une recommandation touchant la limitation du travail dans l'agriculture. La question a été ajournée. Les succès de la réglementation internationale, déjà des plus restreints à Washington, sont donc allés en décroissant continuellement. L'autorité de cet organisme, en soi si séduisant pour les esprits pacifiques et idéalistes, rencontre donc de redoutables obstacles dans les conflits économiques et même des considérations politiques contribuent à paralyser son activité.

IV. La journée de huit heures hors de France. — La tâche que les gouvernements n'ont pas voulu accomplir sous l'impulsion d'un organisme international, dans quelle mesure l'ont-ils eux-mêmes entreprise? En apparence avec ampleur. En fait, beaucoup plus modérément.

L'Allemagne (*Les huit heures en Allemagne*) est soumise en théorie à la journée de huit heures depuis décembre 1918.

Cependant, la suppression du repos dominical, jusque dans les chemins de fer de l'Etat, est devenue la règle; d'accord avec les syndicats. On va même souvent jusqu'à méconnaître ouvertement la loi, des entreprises travaillant quatorze heures ont été signalées en Saxe. Partout, les heures supplémentaires s'accordent en bloc. Un nouveau régime doit commencer le 1er avril 1922; le système des dérogations projeté consacre l'ingérence permanente de l'Administration et la volonté de réagir contre la réduction de la durée du travail.

Dans le Royaume-Uni, à l'exception des mines, ce sont des conventions collectives qui règlent cette durée. On estime qu'en fait 70 à 80 pour 100 des ouvriers ont la journée de huit heures. Ce n'est d'ailleurs qu'une journée de base pour le calcul des salaires. En général, il n'y a pas de limites au nombre des heures supplémentaires; elles sont employées dans la mesure des besoins particuliers des entreprises ou établissements. Comme en Allemagne, un fort mouvement se dessine en faveur de la prolongation de la durée du travail.

Aux Etats-Unis, ce domaine échappe à la législation fédérale. Aucun Etat n'a légiféré pour l'ensemble du monde ouvrier; quelques-uns l'ont fait pour certaines industries. Mais la journée de huit heures est une exception très sporadique et, ainsi qu'en Angleterre, considérée uniquement comme base normale pour les salaires. Toutes les prolongations demeurent possibles.

Restent les puissances industrielles secondaires. L'Italie n'a qu'un projet de loi, déposé le 20 juin 1921, comportant d'ailleurs les plus larges dérogations au principe des huit heures; une simple entente entre patrons et ouvriers en suspendrait l'application. L'Italie ne veut pas de journée de huit heures. La position de l'Espagne est analogue. La Suisse a adopté le principe pour les fabriques et les chemins de fer (neuf heures pour les services exigeant principalement une simple présence), le Conseil fédéral restant maître d'autoriser des dérogations. Des projets revenant au principe de neuf heures avec certaines prolongations déterminées ont rencontré l'appui général de la presse et de l'opinion. Le Luxembourg a pris un arrêté (décembre 1918) surtout alors que la contagion révolutionnaire allemande paraissait menaçante, mais depuis lors on en est resté à ses dispositions fort souples. La Belgique est allée plus loin; elle a comme nous une loi de huit heures; loi du 14 juin 1921, longuement élaborée et comportant d'importantes exceptions au principe, en particulier la faculté donnée au roi de suspendre l'application de la loi « lorsque de l'avis du Conseil supérieur du Travail et du Conseil supérieur de l'Industrie et du Commerce, il y a nécessité d'ordre international de s'assurer par le développement de l'exportation les moyens d'échange indispensables à l'importation des substances ». Comme le roi l'a formulé lui-même, cette loi acquise juridiquement, « il s'agit de la conquérir économiquement ».

Aux Pays-Bas, la loi est votée, mais non appliquée, on songe même déjà à la reviser. La loi tchéquo-slovaque, déjà signalée, comporte 52 à 53 heures par semaine. En Autriche la journée de huit heures est en fait devenue exceptionnelle. La Pologne a établi une loi assez stricte, dont elle souffre d'autant plus que sa situation géographique et économique comporte plus de défectuosités. En Suède, en dépit de certaines apparences, une loi de 1921 a supprimé la journée de huit heures.

Le Canada, étroitement solidaire des Etats-Unis, n'a que des ébauches isolées de réglementation de la durée du travail. Dans l'Afrique du Sud, la journée de huit heures, que certaines industries pratiquent assez largement, n'est pas strictement définie. L'Australie, comme la plupart des pays anglo-saxons, réglemente beaucoup plus les salaires que la durée.

En résumé, en dehors de la France, trois puissances économiques de second rang : La Belgique, la Tchéquo-Slovaquie et la Pologne, possèdent et appliquent une loi des huit heures. L'élan de 1919 n'a pas duré. Parmi les grandes nations, la nôtre seule est liée.

V. La loi de huit heures et la production. — Dans quelle mesure l'expérience a-t-elle réalisé les pronostics optimistes en vertu desquels la loi du 23 avril 1919 n'amoindrirait pas la production ou même l'augmenterait? Certaines études ou réalisations faites pendant la guerre semblaient favoriser ces espérances : augmentation de la productivité horaire, taylorisation, perfectionnement de l'outillage. On ne prit pas garde au caractère anormal et précaire de la plupart de ces facteurs. Quoi qu'il en soit, voici le bilan de la période comprise entre la mise en vigueur de la loi et le 31 décembre 1921.

Houillères. — (Loi du 24 juin 1919 — loi Durafour.) Les 8 heures sont calculées depuis l'heure réglementaire de l'entrée dans les puits des premiers ouvriers descendant, jusqu'à celle de l'arrivée au jour des derniers ouvriers remontant. Les ouvriers font donc en moyenne 7 heures et demie ou 7 heures trois quarts de travail effectif. Il s'ensuit que, déduction faite du personnel des mines sinistrées encore en reconstitution, la baisse de production par rapport à 1913 apparaît d'environ 20 pour 100 (668 kg à 536 kg de rendement individuel). On constate d'ailleurs un phénomène analogue dans les autres pays où l'expérience a été tentée.

Industries métallurgiques et mécaniques. — 1° Travaux à feu continu. Pour une production journalière qui est restée constante les effectifs ont dû être augmentés de 30 à 50 pour 100. 2° Travaux à feu discontinu et travaux mécaniques : *a*) main-d'œuvre productive. La production journalière, pour un gain égal, et sans diminution de personnel représente 82/100 de ce qu'elle était sous le régime de 10 heures; *b*) services improductifs : Même résultat; *c*) répercussion sur les prix de revient des produits fabriqués. L'augmentation reflète les conclusions énoncées sous les rubriques *a*) et *b*); elle se chiffre par 15 à 20 pour 100.

Industries du bâtiment. — Des difficultés ont surgi, en raison des interruptions partielles imposées à ces travaux en hiver. Il paraissait aisé d'y parer, la loi permettant d'adopter « une limitation équivalente (aux 48 heures par semaine) établie sur une période de temps autre que la semaine. Les patrons pensaient prendre pour cette base l'année, avec compensation en été des heures perdues en hiver. 8 heures par jour donnent 2500 heures par an. En hiver (4 mois) on peut compter seulement 80 jours ouvrables ou 640 heures. Restent 205 jours pour les huit autres mois dont on déduit 21 (mauvais temps, accidents, absences), soit 184 pour 1860 heures, 10 heures par jour en chiffres ronds (de mars à octobre inclus). Les ouvriers refusèrent d'accepter ces propositions; c'est à peine si dans les petites villes et les

Digitized by Google

campagnes (Est et Nord-Est par exemple) 50 pour 100 des entreprises ne sont pas liées par des conventions stipulant les 8 heures été comme hiver. Au total, baisse de rendement de 20 à 30 pour 100 sur la production antérieure à ce régime. Dans les régions libérées, il y a plus de bonne volonté; l'accord d'Amiens stipule 9 heures en hiver, par exemple.

Industries textiles. — Les plus importantes de France pour le nombre du personnel. Le législateur tablait surtout sur l'amélioration du matériel ; or, la fabrication même des machines, en grande partie détruites ou enlevées dans le Nord pendant l'occupation, rencontre actuellement des obstacles insurmontables ; on ne peut pas, pratiquement confier un plus grand nombre de machines à surveiller à un même ouvrier; dès lors, la productivité journalière a baissé, proportionnellement aux heures de travail, d'environ 20 pour 100 (filatures ou soieries).

Industries chimiques. — Dans les usines à feu continu, les moins nombreuses, le système de trois équipes au lieu de deux a permis de maintenir le rendement. Mais dans les autres, la baisse est encore de 2/10.

Transports. — 1° Marine marchande. Il a fallu augmenter fortement (jusqu'à 30 pour 100 parfois) les effectifs du pont et le personnel subalterne du service général. D'autre part, le nombre des heures de travail supplémentaire payées aux équipages a subi la même marche ascendante. Les charges vont en s'alourdissant, du cabotage à la navigation au long cours. Or, la marine marchande anglaise se libère précisément des contraintes de la limitation rigide des heures de travail et y substitue des dispositions beaucoup plus souples, allant jusqu'à permettre douze heures dans le service au port. 2° Chemins de fer. Par rapport à 1913, les effectifs ont augmenté de : 25 à 32 pour 100 pour les agents des gares ; 30 à 37 pour 100 pour les agents des trains ; 40 à 42 pour 100 pour les mécaniciens et chauffeurs. Comme il a fallu améliorer en même temps les salaires (de 207 pour 100) et augmenter le matériel, c'est à 1 100 millions que s'évaluent les dépenses supplémentaires dues, dans nos chemins de fer, à l'introduction de la journée de huit heures, soit le tiers du déficit de 1920 et au moins la moitié du déficit prévu pour 1921. On doit, en outre, constater une diminution du rendement, 100 pour 100 d'augmentation d'accidents mortels et 1 316 pour 100 d'augmentation des vols (de 1913 à 1920). En résumé, le rendement moyen de chaque agent a baissé de 20 pour 100. Les conclusions sont les mêmes ou à peu près, dans les diverses entreprises de transports en commun.

Donc, l'initiative de la France non seulement la laisse isolée, mais a gravement atteint la capacité de sa production nationale.

VI. Les conséquences de l'adoption de la journée de huit heures. — 1° La main-d'œuvre. L'appel considérable à la main d'œuvre survenant juste après la guerre qui nous a fait perdre 6.9 pour 100 de la population active totale et 11, 2 pour 100 de la population active masculine, a forcément imposé une nouvelle saignée aux campagnes déjà décimées ; l'attrait des hauts salaires facilite cette recrudescence d'exode vers les « villes tentaculaires » ; par contrecoup, la loi de huit heures a été fatale aux industries de petits centres dépourvus de toute facilité pour loger le personnel soudain accru; un exemple vraiment typique et navrant est fourni par le village de Moutherouse, dans les Vosges, où l'industrie mécanique datait du XVIe siècle et avait traversé vaillamment mainte crise. Toute la contrée subira le contre-coup de l'arrêt causé par l'impossibilité de supporter la charge d'un personnel augmenté dans la proportion de 1 3. — 2° La hausse des prix. Une évaluation précise, due à l'Union métallurgique et minière, sur les divers éléments du prix de revient d'une tonne de produits de fonderie se chiffre par 18.8 pour 100. Dans l'ensemble (*Bulletin de la Statistique générale de la France*, juillet 1921) le total des salaires, en prenant comme indice de base le nombre 100 pour 1911, ressort en 1921 à l'indice 394, soit 23 640 millions au lieu de 6 milliards, pour une production diminuée d'un cinquième ; les 5 milliards représentant ce cinquième expriment donc, en chiffres ronds, la part de la journée de huit heures dans la hausse des prix. C'est le quart du budget ordinaire de la France. Comme il y a lieu de croire que les autres causes de hausse et de baisse se sont compensées depuis l'armistice, la hausse moyenne restante paraît être tout entière imputable à la loi de huit heures. — 3° Conséquences financières : *a*) directes : augmentation du personnel ouvrier de l'Etat ; déficit des chemins de fer à combler par le Trésor : 2 186 millions en 1921 ; — dans le budget des dépenses recouvrables, 6 milliards soit 1/8 résultent de la loi de huit heures. — *b*) indirectes ou diminution des recettes ; abaissement du pouvoir d'achat de la monnaie à l'intérieur ; dépréciation de la devise nationale, par accroissement des importations ; au moins 5 milliards sur les 45 du déficit de notre balance commerciale proviennent de la législation nouvelle.

Conclusions. — Votée hâtivement et sans travaux préparatoires suffisants, déterminée surtout par des considérations politiques et sentimentales, la loi du 23 avril 1919 reposait essentiellement sur le crédit fait aux dispositions internationales à intervenir et sur la certitude, insuffisamment étudiée, du maintien de la production après diminution des heures de travail. A ce double titre, l'expérience tentée est décevante. Ceux qui avaient parlé d'erreur économique, avaient vu juste. Mais que conclure au point de vue social ? « La lutte des classes » a-t-elle cessé ou diminué d'intensité, en raison de cette réforme ? Si nous n'en sommes pas là, du moins convient-il de reconnaître que la résistance française aux vagues bolchévistes, spartakistes ou autres n'a pu qu'être favorisée par le vote rapide de la loi sur la journée de huit heures. Mais on ne modifie pas en quelques années un état d'esprit longuement façonné à la révolte et à la haine : la période qui suivit avril 1919 vit éclater un nombre exceptionnel de grèves et de conflits aigus entre ouvriers et patrons : il suffirait de rappeler l'agitation dans les textiles du Nord qui dura au moins trois mois. Il est clair que les ententes, les arrangements, les négociations réciproques dont on espérait que la loi des huit heures donnerait le signal n'ont pas cause gagnée et que la méthode violente, menaces, brefs ultimatums et grèves, reste prépondérante.

Actuellement, ont demandé l'abrogation de la loi : 5 conseils généraux, 13 chambres de commerce, 6 groupements économiques divers. En sollicitant la suspension provisoire : 4 conseils généraux, 18 chambres de commerce, 2 groupements. Demandent des dérogations : 20 conseils généraux, 66 chambres de commerce et l'assemblée des présidents, 27 groupements. Divers projets législatifs s'inspirent de ce mouvement d'opinion. L'œuvre de mise au point sera des plus délicates ; il faut se rappeler que « donner et retenir ne vaut ». C'est peut-être dans une plus large autorisation des heures supplémentaires pour le surcroît de travail même ordinaire que l'issue immédiate la plus opportune pourrait s'apercevoir (proposition du sénateur Raphaël-Georges Lévy).

L'ouvrage que nous venons d'analyser se complète par un répertoire de décrets, circulaires, etc... concernant la durée du travail et appliquant la loi du 23 avril 1919. Ce que nous en avons dit doit suffire à en recommander la lecture attentive à tous ceux que préoccupe justement la crise économique que nous traversons : pour étudier les remèdes, il faut d'abord connaître avec précision tous les symptômes de la situation présente. Il n'en est pas de plus sérieux que ceux ici définis.

Georges Marty,
Avocat à la Cour d'Appel, Membre et secrétaire du Syndicat professionnel des Producteurs et Distributeurs d'Energie électrique.

Digitized by Google

REVUE GÉNÉRALE DE L'ÉLECTRICITÉ

Organe de l'Union des Syndicats de l'Électricité

réunissant

LA REVUE ÉLECTRIQUE 1904-1916 — LA LUMIÈRE ÉLECTRIQUE 1879-1916

DIRECTEUR : J. BLONDIN, Agrégé de l'Université.

6e ANNÉE. — TOME XII. — N° 9. — 2 SEPTEMBRE 1922.

Chronique. — Bibliographies : Vue d'ensemble sur les machines à calculer, par M. d'OCAGNE ; Traction électrique, par Robert MARIE ; La houille blanche française (aujourd'hui et demain), par Auguste PAWLOWSKI ; Réseaux d'énergie électrique, par M. DAVAL ; Répertoire de Laboratoires français, par Ch. MAURAIN, p. 305-306.

Section scientifique et technique. — Sur la définition de la tension, de l'intensité et du facteur de puissance d'un système triphasé, par L.-G. STORVIS, p. 307. — Revues, analyses et informations : Diagramme des moteurs d'induction monophasés, p. 312 ; Les pertes dans les ajutages des turbines compound, p. 314.

Section industrielle. — Méthode de calcul des transformateurs basée sur la recherche du prix de revient, par F. MARGAND, p. 315. — Sur la mise à la terre du neutre d'un réseau triphasé, par M. KŒCHLIN, p. 322. — Revues, analyses et informations : Les pertes diélectriques et les limites des tensions électriques admissibles dans les câbles, p. 323 ; Au sujet des antennes radiotélégraphiques des aéronefs, p. 324 ; Facteurs à considérer pour l'établissement des enseignes lumineuses électriques, p. 326.

Section économique et financière. — Assemblées générales : Est-Lumière (Compagnie d'Electricité de l'Est parisien), p. 329 ; Est-Electrique, p. 329.

Section de législation. — Le privilège du Trésor et les bénéfices de guerre, déclaration (loi nouvelle du 10 août 1922), par Paul BOUGAULT, p. 331. — Législation, jurisprudence, réglementation : Loi réglementant le privilège du Trésor pour le recouvrement de la contribution extraordinaire sur les bénéfices de guerre, p. 334 ; Sur l'assujettissement au droit de timbre des accusés de réception de chèques, p. 336 ; Sur les prêts que les banques populaires peuvent consentir aux commerçants et industriels démobilisés, p. 336 ; Arrêt de la Cour de Cassation concernant la rupture du contrat de travail, p. 336.

Bibliographie : Vue d'ensemble sur les machines à calculer, par M. d'OCAGNE, membre de l'Institut, professeur à l'Ecole polytechnique (1). — Les machines à calculer ont récemment pris une importance considérable ; leur emploi, très justifié, s'est fort développé dans tous les bureaux de calculs techniques et financiers et cet essor a forcément amené la création de modèles très différents, plus ingénieux les uns que les autres.

De là l'intérêt d'indiquer le fonctionnement de ces machines, de montrer comment l'on peut, au moyen de quelques manœuvres généralement très simples, obtenir les enclanchements du mécanisme nécessaires pour arriver à un résultat parfois fort compliqué.

Mais ces mécanismes sont très complexes et la plupart des manuels écrits sur ce sujet s'adressent aux spécialistes de la construction mécanique ; il manquait donc un ouvrage donnant uniquement les principes généraux sur lesquels sont fondées les machines à calculer. Cette lacune est aujourd'hui comblée et le livre de M. d'Ocagne est de nature à satisfaire largement le lecteur désireux de se faire une idée d'ensemble suffisamment précise du mécanisme des machines à calculer et de leur fonctionnement. Il y trouvera, après quelques notions générales, l'étude des machines arithmétiques divisées en trois classes : machines sans entraîneur, avec entraîneur et complexes, et, dans une deuxième partie, les machines algébriques qui sont moins connues et cependant probablement plus ingénieuses encore que les machines arithmétiques L'auteur y donne quelques détails sur les arithmophores logarithmiques et sur les machines à résoudre les équations ; ces appareils étant la création propre de M. Torrès y Quevedo qui en a donné une théorie entièrement générale. Ajoutons que cet ouvrage est exposé d'une façon très ingénieuse et présente la qualité précieuse de rester clair malgré la complexité des mécanismes décrits. — B. E.

(1) Une brochure, format 20 cm × 13 cm, 70 pages, 21 figures, éditée par Gauthiers-Villars et Cie, 35, quai des Grands-Augustins, Paris. Prix : 3 fr.

Bibliographie : Traction électrique, par Robert MARIE (1). — Ce volume qui parait dans la « Bibliothèque des Actualités industrielles » est le quatrième d'une collection qui a pour titre général « Manuel de l'apprenti et de l'amateur électricien », et dont les volumes précédents sont consacrés aux machines électriques, aux sonneries et paratonnerres, aux téléphones privés et publics ; un autre, qui terminera l'ouvrage, aura pour titre : l'Éclairage électrique des appartements.

L'importance que va prendre l'électrification des chemins de fer, par suite de la création d'un grand réseau électrique national justifie la réédition de ce livre sur la traction électrique. L'auteur expose d'abord les principes généraux, puis décrit en détail, avec figures explicatives à l'appui, la distribution du courant dans les tramways et locomoteurs, ainsi que dans les trains à unités multiples. Pour cette dernière question, les différents systèmes employés, soit entiè-

(1) Un volume, format 18 cm × 12 cm, 160 pages, édité par Gauthier-Villars et Cie, 55, quai des Grands-Augustins, Paris (VIe) Prix : cartonné, 6 fr.

Digitized by Google

rement électriques, soit électro-pneumatiques, sont décrits avec quelques détails. Des planches claires permettent au lecteur de suivre les circuits généralement assez complexes.

Une part assez importante a été réservée à la question de l'électrification des chemins de fer en France et à l'étranger. L'auteur considère successivement les divers systèmes qui ont chacun leurs partisans : à courant continu à basse et à haute tension et à courant alternatif, en monophasé ou en triphasé; il signale les avantages et les inconvénients que présente chacun d'eux.

Nous remarquons, dans ce livre quelques, points intéressants. Nous trouvons d'abord un chapitre sur la traction par système générateur moteur, dont la première conception, la locomotive Heilmann, fut réalisée en 1893; ce système très critiqué tend à reparaître de nos jours, la machine à vapeur étant remplacée par un moteur à combustion interne. L'auteur décrit également les installations des automotrices du Métropolitain de Paris ainsi que les différents systèmes de tramways de la Ville de Paris. Quelques mots sur la traction électrique sur route et sur les chemins de fer électriques suspendus terminent ce volume. — B. E.

Bibliographie : La houille blanche française (aujourd'hui et demain), par Auguste Pawlowski (1). — Ce n'est pas une sèche nomenclature sous forme de tableaux que l'auteur présente au public, mais bien plutôt une série de monographies, souvent pittoresques, où l'on trouvera toutes les indications nécessaires sur le site, sur l'énergie disponible des cours d'eaux ou des chutes, sur les travaux d'aménagements à entreprendre ou déjà réalisés s'il s'agit d'usines finies en ordre de marche, sur la société exploitante, sur l'utilisation actuelle ou future de l'énergie mise à la disposition des industriels ; traction, électrochimie, électrométallurgie, force motrice, éclairage. Les installations des compagnies de chemins de fer sont particulièrement bien détaillées et nous avons éprouvé un réel plaisir à lire les pages qui leur sont consacrées. Le plan adopté par l'auteur a consisté à diviser l'ensemble du territoire de la France en six régions ; la région du Jura et de la Saône, la région des Alpes et du Rhône, la région pyrénéenne, les forces du Plateau central, la région de l'Est. Vosges et Alsace, les forces hydrauliques de l'Ouest et du bassin de la Seine. On peut conclure de cet inventaire des ressources hydrauliques de la France qu'on doit raisonnablement fixer à 9 500 000 ch la puissance globale pratiquement disponible, sur l'ensemble du territoire, ce qui correspond à une consommation de 25 millions de tonnes de charbon, si l'on évalue à 2,5 kg la quantité de charbon nécessaire pour produire un cheval-heure. L'exécution de ce grand programme de travaux exigera de nombreux milliards. On peut se demander s'il sera possible de les recueillir. Parmi les moyens préconisés par l'auteur, nous retiendrons surtout celui qui consiste à s'adresser à l'économie agricole, « On décidera, dit-il, d'autant mieux le paysan à participer à la mise en œuvre des chutes qu'on aura pris soin de l'informer, de lui montrer que tout client obtenu en matière d'électricité est acquis définitivement, que la houille blanche créera la richesse en tous lieux et qu'un aménagement rationnel, comme celui que nous avons indiqué, évitera aux concessionnaires de dévorer la meilleure part de leurs recettes en secours thermiques. Il faut éduquer la campagne ; elle n'y est nullement réfractaire, voulant placer ses réserves sans courir trop d'aléas. Or l'industrie électrique présente un minimum de risques ». Nous pensons toutefois que c'est le concours de l'Etat et des départements, voire même les associations de communes, qui sont appelées à résoudre ce grave problème financier. — B. C.

(1) Un volume, format 21,5 cm × 13,5 cm, 200 pages, édité par le journal l' « Information », 7, rue Cadet, Paris (IXe). Prix : broché, 10 fr.

Bibliographie : Réseaux d'énergie électrique, par M. Daval, ingénieur électricien (E. S. E.) (1). — Ce volume est écrit en vue de la construction des réseaux de distribution ; il est destiné à servir de guide au praticien désireux de compléter ses connaissances techniques. Les quelques notions générales qui étaient autrefois suffisantes au monteur électricien pour exécuter convenablement son travail exigent aujourd'hui un complément ; le développement, les perfectionnements et la complication des éléments constituant un réseau de distribution électrique nécessitent, de la part de l'ouvrier intelligent, une véritable étude, sous peine de devenir un manœuvre routinier ou un rouage inconscient. Cependant, on a évité, dans cet ouvrage, les développements arides et les explications trop techniques qui rebutent, en général, le travailleur manuel. Le texte est aussi complet que possible tout en restant clair et présenté de façon simple ; de nombreuses figures facilitent d'ailleurs sa compréhension.

L'auteur étudie, d'abord, les différents genres de distribution qui sont utilisés ainsi que les règlements relatifs à la construction des réseaux. Il examine, ensuite, cette construction elle-même aussi bien pour les lignes aériennes que pour les câbles souterrains. Signalons que l'auteur a su donner à cette partie un développement en rapport avec l'importance prise par cette construction dans l'industrie. Les pylônes, les câbles, les boîtes de raccordement, y sont étudiés spécialement.

Après quelques détails sur les appareils de coupure et les transformateurs, l'auteur passe de la description à l'exécution et traite, dans une deuxième partie, du montage et de l'entretien d'abord des lignes aériennes, puis des canalisations souterraines, enfin des postes de transformation. Cette partie de l'ouvrage ne peut que rendre de grands services au praticien qui la parcourra avec quelque soin. — B. E.

Bibliographie : Répertoire de Laboratoires français, par Ch. Maurain, directeur adjoint des Recherches scientifiques, industrielles et des Inventions (2). — Ce petit ouvrage présente, sous une forme très condensée, une double liste de tous les laboratoires français, qui, bien que nombreux et variés, ne sont pas suffisamment connus des personnes auxquelles ils pourraient être utiles en bien des cas. Ces laboratoires sont répertoriés de deux manières : ils sont groupés, dans une première liste, suivant l'administration ou le service dont ils dépendent (ministères, villes, groupements, établissements privés, etc.) ; dans une deuxième, présentée sous forme alphabétique, ils sont désignés par le mot le plus caractéristique dans leur appellation ou leurs attributs. Dans cette dernière liste sont donnés quelques renseignements indispensables sur l'objet, le rôle, les attributions de ces laboratoires, le genre de recherches et les essais qui y sont exécutés. Nous pensons que ce travail pourra être utile à tous les industriels, à beaucoup d'autres personnes ainsi qu'aux laboratoires eux-mêmes qui peuvent être amenés à se compléter mutuellement. — B. E.

(1) Un volume, édition 1922, format 16 cm × 11 cm, 275 pages, 102 figures ou schémas, édité par J.-B. Baillère, 19, rue Hautefeuille, à Paris. Prix : cartonné, 8 fr.

(2) Une brochure, format 24 cm × 16 cm, 54 pages, édité par la librairie de l'Enseignement technique, 3, rue Thénard, Paris. Prix : 12 fr.

Digitized by Google

SECTION SCIENTIFIQUE & TECHNIQUE

Sur la définition de la tension, de l'intensité et du facteur de puissance d'un système triphasé

L'auteur signale la nécessité de définir, d'une façon plus précise qu'on ne l'a fait jusqu'ici, les grandeurs électriques des systèmes triphasés déséquilibrés qui sont ceux que l'on rencontre le plus souvent dans la pratique. Il développe des diagrammes dont on peut déduire, de la façon la plus élémentaire, les valeurs de la tension, de l'intensité, du facteur de puissance et, enfin, du degré de déséquilibrage pour le cas où $I_1 + I_2 + I_3 + I_4 = 0$ et $E_1 + E_2 + E_3 + E_4 = 0$ et il montre que toute charge du réseau satisfaisant à ces deux relations peut être considérée comme étant la résultante de deux charges équilibrées mais numérotées en sens inverses.

Si l'on admet, qu'un réseau triphasé est parfaitement équilibré, la définition de la tension, de l'intensité et du facteur de puissance ne donne lieu à aucune difficulté. Lorsque tout se passe dans une phase comme dans les autres, les tensions sont égales entre elles, les courants ne diffèrent point et les puissances actives ainsi que réactives, dans chaque phase, sont égales aussi. Par conséquent, la puissance réactive divisée par la puissance active donne un quotient qui ne change pas d'une phase à l'autre et le facteur de puissance, dans ce cas, ne prête donc pas à l'équivoque.

Mais ceci change si les courants sont différents, car cette différence entraîne la déformation du triangle représentant les tensions aux bornes ; le facteur de puissance diffère alors de phase en phase; bien plus, la tension et l'intensité, de leur côté, n'ont plus une signification bien définie pour le système entier, comme auparavant.

Il reste entendu que, pour chaque phase prise séparément, ces grandeurs gardent une signification bien établie.

Jusqu'ici, l'on avait l'habitude de considérer la moyenne arithmétique de ces grandeurs comme « la grandeur équivalente » du système entier.

Il est inutile de dire que cette conception est une solution tout à fait arbitraire ; c'est trancher le nœud gordien au lieu de le défaire patiemment.

En effet, pourquoi la solution consisterait-elle à prendre une moyenne arithmétique plutôt qu'une autre moyenne, la moyenne des sommes des carrés par exemple ?

Pour résoudre la question, il faut la transporter sur son terrain véritable : étudier les conséquences qu'entraîne le déséquilibrage des courants et des tensions. Ce n'est qu'à cette condition que l'on sort de l'arbitraire et que l'on se trouve sur le domaine où réside la vérité : celui des réalités physiques. A vrai dire, on aurait dû commencer par là, car la charge équilibrée n'est qu'un cas spécial du problème général et, en apportant les restrictions nécessaires à cette théorie générale, les résultats courants du cas d'un équilibre parfait tombent comme des fruits mûrs de l'arbre, de sorte que l'on n'a qu'à les ramasser. — En outre, les systèmes diphasés eux-mêmes apparaissent comme un cas particulier de la théorie générale (1).

Il serait erroné de croire que le sujet ne présente qu'un intérêt théorique et physique ; il a donné lieu à des controverses juridiques; la tension, l'intensité et le facteur de puissance étant des grandeurs qui, souvent, doivent être garanties par un contrat ou qui sont imposées par un cahier des charges.

Nous mentionnons à ce sujet une réclamation parue dans l' « Elektrotechnische Zeitschrift », 1913, p. 712. — L'auteur, M. Sauvage, fait remarquer que la définition « facteur de puissance » est équivoque pour des moteurs asynchrones de très grandes puissances, car l'intensité absorbée est presque toujours différente de phase en phase, pour des raisons que l'auteur explique dans son article.

Dans une petite note parue dans le même journal (28 août 1913), nous avons alors indiqué ce qu'il fallait entendre par facteur de puissance dans ce cas. Nous proclamions, à cette époque, la nécessité d'une définition nette, tranchant cette question, d'un intérêt urgent.

Nous nous proposons, ici, de définir les grandeurs tension, intensité, facteur de puissance, degré de déséquilibrage d'une façon nette, en nous inspirant des notes que nous avons présentées à l'Académie des Sciences (2) et dont la « R. G. E. » a donné une analyse dans son numéro du 1er juillet 1922.

Soit OPQ le triangle représentant les trois courants

(1) Nous avons essayé d'établir cette théorie générale dans un article en préparation. « Essai sur la théorie générale des systèmes triphasés. » — Dans cet ordre d'idées, il va paraître incessamment, dans ce journal, un article que nous avons rédigé sur la production de l'harmonique trois.

(2) *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 6 juillet 1914, t. CLIX, p. 46-49 et 26 mai 1922, t. CLXXIV, p. 1418-1420.

Digitized by Google

I_1, I_2, I_3 circulant dans les phases d'un système triphasé (fig. 1A).

Pour obtenir le courant sychrone nous n'avons qu'à avancer OP de 60°, suivant OM_2 ; le vecteur QM_2

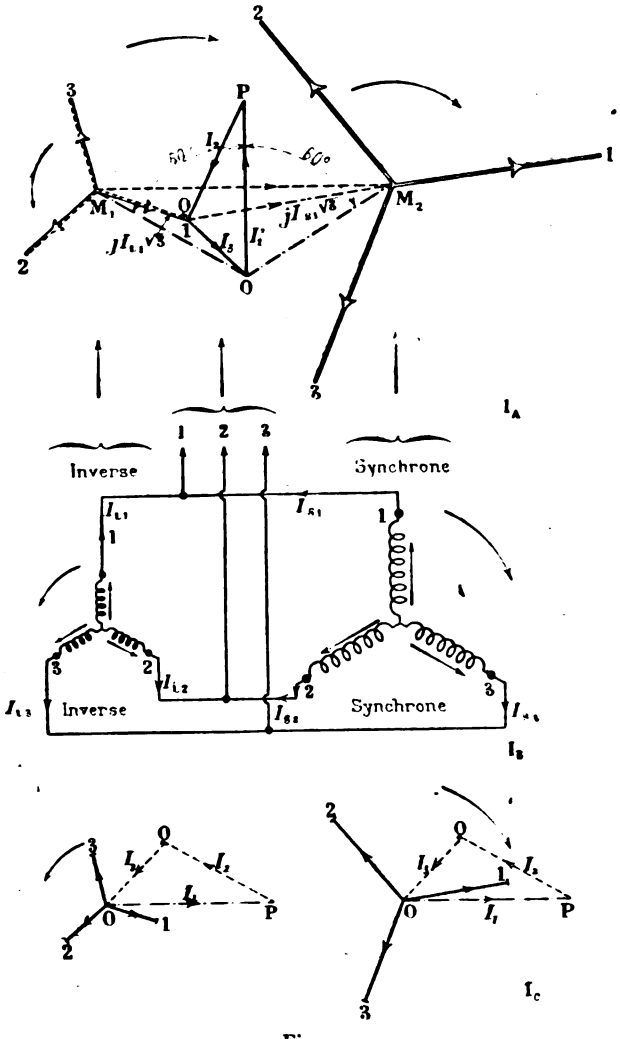


Fig. 1.

représente alors $jI_{s1}\sqrt{3}$ c'est-à-dire le courant synchrone circulant dans la phase 1, avancé de $\frac{\pi}{2}$ et multiplié par $\sqrt{3}$.

Pour obtenir le courant inverse, nous n'avons qu'à reculer OP $=I_1$ de 60° et M_1Q représente $j\,I_{i1}\sqrt{3}$, c'est-à-dire le courant inverse avancé de $\frac{\pi}{2}$ et multiplié par $\sqrt{3}$.

Comme $M_1M_2 = j\sqrt{3}\,I_1$, on voit aisément que

$$M_1M_2 = M_1Q + QM_2$$
$$jI_1\sqrt{3} = jI_{i1}\sqrt{3} + jI_{s1}\sqrt{3}$$
$$I_1 = I_{i1} + I_{s1}$$

Les deux courants I_{s1} et I_{i1} ont donc bien le caractère de deux composantes et ils peuvent entièrement remplacer le courant I_1 circulant dans la phase 1.

Afin de nous rendre compte de la situation dans les autres phases, nous répétons, pour celles-ci, les mêmes constructions autour de M_1 et de M_2, en ayant soin de numéroter les vecteurs autour de M_1 (centre des courants inverses), en sens inverse du sens de rotation adopté comme positif.

Les vecteurs autour de M_2 sont numérotés dans le sens même de la rotation.

Le système I_1, I_2, I_3 représenté par le triangle O P Q se comporte donc exactement comme deux systèmes équilibrés, tournant l'un à droite (synchrone), l'autre à gauche (inverse) (fig. 1B).

L'intensité du système tournant à droite est I_{s1} ; celle du système tournant à gauche est I_{i1}.

La figure 1C représente les courants originaux du système et leurs composantes : synchrones, à droite, et inverses, à gauche ; le tout à l'échelle, car le diagramme de la figure 1A donne les courants en vraie grandeur, mais leurs composantes ont subi une rotation de $\frac{\pi}{2}$ et sont multipliées par $\sqrt{3}$. Nous verrons que ceci est un avantage pour la lecture des puissances wattées.

On voit immédiatement par la figure 1B, que c'est le système synchrone qui fournit le couple, tandis que le courant inverse fait travailler la machine en court-circuit.

Si l'on nous permet la comparaison : la charge déséquilibrée est comparable à celle de deux machines, qui tournent en sens inverses l'une de l'autre ; l'une fournit le travail utile, les ampèrestours de l'induit produisent un couple avec le champ excitateur ; l'autre crée un champ qui tourne contre le champ excitateur, son couple est donc nul et elle ne cause que des pertes dans les appareils récepteurs. Il faut, par contre, à la génératrice un couple extérieur pour couvrir les pertes occasionnées par ces champs. Les pertes sont donc doubles si le courant sert à alimenter des machines tournantes, pertes à la charge et pertes à la source. Le courant inverse est donc un courant parasite par excellence. Il reste toujours à voir si ces pertes et les autres inconvénients justifient la transformation par des machines rotatives, dans le cas de déséquilibre.

De même que nous pouvons décomposer les trois courants, de même nous pouvons décomposer les trois tensions qui les font circuler.

Soit OP'Q' le diagramme représentant les trois tensions mentionnées (fig. 2). D'après le procédé expliqué ci-dessus, la tension synchrone est obtenue en avançant OP' de 60° suivant OM'_2 et en traçant $Q'M'_2$; la tension inverse sera $Q'M'_1$.

$Q'M'_2$ représente alors $j\sqrt{3}\,E_{s1}$ et M'_1Q' devient la tension inverse $j\sqrt{3}\,E_{i1}$.

En traçant le triangle des courants OPQ, nous trouvons $QM_2 = j\sqrt{3}\,I_{s1}$ et $M_1Q = j\sqrt{3}\,I_{i1}$.

Digitized by Google

En menant une parallèle par M_2 à M'_2Q', nous obtenons l'angle entre la tension synchrone et le courant synchrone ; nous appellerons cet angle le déphasage synchrone φ_s.

Par le même procédé, nous trouvons l'angle entre la

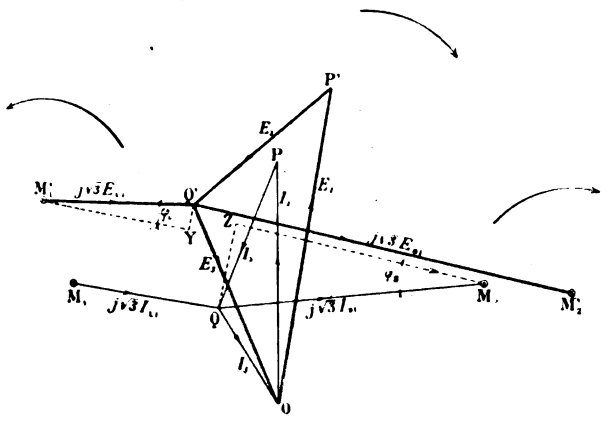


Fig. 2.

tension inverse et le courant inverse ; nous appellerons cet angle le déphasage inverse φ_i,

Il est évident que la somme des puissances actives des phases est égale à la somme des puissances actives du système synchrone et de celles du système inverse ; il en est de même pour les puissances réactives.

Désignons par W_s et W_i les puissanees actives respectives du système synchrone et du système inverse par phase, nous obtenons alors

$$W_1 + W_2 + W_3 = 3 I_s E_s \cos\varphi_s + 3 I_i E_i \cos\varphi_i = 3(W_s + W_i).$$

Le système synchrone aussi bien que le système inverse est un système équilibré ; la puissance totale active est donc égale à trois fois la puissance active de chaque phase.

Nous tirons du diagramme de la figure 2 la relation :

$$\Sigma(W') = \underbrace{\sqrt{3}\,E_s}_{M_2Q}.\underbrace{\sqrt{3}\,I_s\cos\varphi_s}_{M_2Z} + \underbrace{\sqrt{3}\,E_i}_{M'_1Q'}.\underbrace{\sqrt{3}\,I_i\cos\varphi_i}_{M'_1Y}.$$

Nous définissons les degrés de déséquilibrage comme les quotients des grandeurs inverses par les grandeurs synchrones, et nous les désignons par ε (1).

Le déséquilibrage des tensions est donc

$$\varepsilon_E = \frac{E_i}{E_s};$$

celui des courants

$$\varepsilon_i = \frac{I_i}{I_s};$$

celui des puissances actives,

$$\varepsilon_w = \frac{W_i}{W_s};$$

celui du système entier, en prenant comme base la puissance active totale (W'),

$$\varepsilon = \frac{3W_i}{3(W_s + W_i)} = \frac{3W_i}{W_1 + W_2 + W_3} = \frac{3W_i}{W'},$$

et, d'une façon analogue, le déséquilibrage de la puissance réactive sera

$$\varepsilon_j = \frac{3jW_i}{jW'},$$

en désignant par jW_i la puissance réactive du système inverse par phase et par jW', la puissance réactive totale.

Pour pouvoir juger le degré de déséquilibrage d'un système, il suffit de connaître les différentes valeurs de ε.

Nous considérerons un système comme équilibré si ε_E est inférieur à x pour 100 ; ε_i, inférieur à y pour 100 et ε_w, inférieur à z pour 100.

Dans ce cas, en choisissant les valeurs de ε suffisamment faibles, on prendra comme tension, intensité et puissance active, ces grandeurs mesurées dans une phase quelconque.

Si un ou plusieurs des coefficients étaient supérieurs aux taux indiqués, les grandeurs en question seraient définies comme suit : tension, E_s volts ; intensité, I_s ampères ; facteur de puissance, cos φ_s et puissance active, W_s watts.

Nous traiterons un cas concret, afin de familiariser le lecteur avec les nouveaux diagrammes.

Nous supposons que les intensités, dans chaque phase, sont respectivement

$$I_1 = 70\text{ A}; \qquad I_2 = 64\text{ A}; \qquad I_3 = 43\text{ A};$$

que les tensions entre phases sont respectivement

$$E_{O-P'} = 80{,}5\text{ v}; \quad E_{P-Q} = 65{,}5\text{ v} \quad \text{et} \quad E_{Q-O} = 63{,}5\text{ v};$$

et que

$$I_1 \cos\varphi_1 = 68{,}5\text{ A}.$$

Nous pouvons tracer (fig. 3) le triangle des courants OPQ. Pour cela, faisons $OR = I_1 \cos\varphi_1 = 68.5$ A. La direction de $I_1E_1 = E_{O-P'}$ est alors fixée et nous n'avons qu'à compléter le triangle des tensions OP'Q'.

En menant M_1M_2 perpendiculaire à OP et faisant $M_1OP = POM_2 = 60°$, nous obtenons les points M_1 et M_{2i}, M_1Q représente $jI_{i1}\sqrt{3}$ et QM_2 donne $jI_{s1}\sqrt{3}$.

Nous procédons de la même façon pour les tensions.

Le vecteur M'_1Q' nous représente $j\sqrt{3}\,E_{i1}$ et $Q'M'_2$ est $j\sqrt{3}\,E_{s1}$.

(1) Dans la note présentée à l'Académie des Sciences, ε était défini comme le rapport inverse, mais ceci n'est qu'une question de convention.

Digitized by Google

Cherchons suivant les procédés décrits ci-dessus les déphasages synchrone et inverse :

Pour cela, menons $M'_1Q'_1$ parallèle à M_1Q; $M'_2Q'_2$ parallèle à QM_2. Alors l'angle $Q'M'_1Q'_1$ est égal à φ_i et $Q'M'_2Q'_2$, à φ_s.

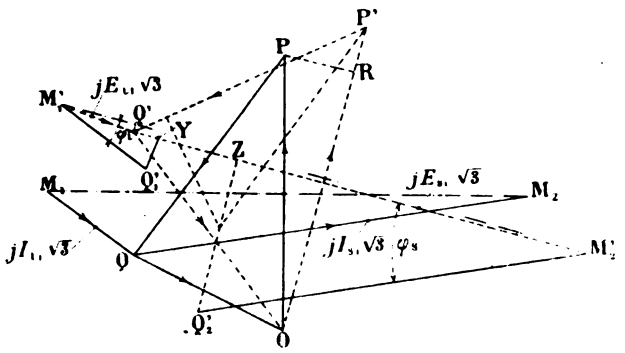


Fig. 3.

La puissance active synchrone est donc

$$3\,W_s = \underbrace{jE_{s1}\sqrt{3}}_{Q'_2M'_2} \cdot \underbrace{jI_{s1}\sqrt{3}\cos\varphi_s}_{ZM'_2}$$

et la puissance active inverse

$$3\,W_i = \underbrace{jE_{i1}\cdot\sqrt{3}}_{M'_1Q'_1} \cdot \underbrace{jI_{s1}\cdot\sqrt{3}\cos\varphi_i}_{M'_1Y}$$

Les résultats numériques sont les suivants :

$$E_s = \frac{Q'M'_2}{\sqrt{3}} = \frac{120,5}{\sqrt{3}} = 69,5\text{ v.}$$

$$E_i = \frac{M'_1Q'}{\sqrt{3}} = \frac{20}{\sqrt{3}} = 11,5\text{ v.}$$

$$I_s = \frac{QM_2}{\sqrt{3}} = \frac{101}{\sqrt{3}} = 58,5\text{ a.}$$

$$I_i = \frac{M_1Q}{\sqrt{3}} = \frac{28}{\sqrt{3}} = 16,2\text{ a.}$$

$$I_s\cos\varphi_s = \frac{ZM'_2}{\sqrt{3}} = \frac{93,5}{\sqrt{3}} = 54,0\text{ a.}$$

$$I_i\cos\varphi_i = \frac{M'_1Y}{\sqrt{3}} = \frac{26}{\sqrt{3}} = 15,0\text{ a.}$$

$$\cos\varphi_s = \frac{ZM'_2}{Q'_2M'_2} = \frac{93,5}{101} = 0,924.$$

$$\cos\varphi_i = \frac{M'_1Y}{M'_1Q'_1} = \frac{26}{28} = 0,926.$$

$$3\,W_i = \sqrt{3}\,E_i\,.\,I_i\sqrt{3}\cos\varphi_i = M'_1Q'\,.\,M'_1Y = 0,52\text{ kw.}$$

$$3\,W_s = \sqrt{3}\,E_s\,.\,I_s\sqrt{3}\cos\varphi_s = Q'M'_2\,.\,QM_2 = 11,25\text{ kw.}$$

On en déduit, pour les degrés de déséquilibrage

$$\varepsilon_E = \frac{E_i}{E_s} = \frac{11,5}{69,5} = 0,165.$$

$$\varepsilon_i = \frac{I_i}{I_s} = \frac{16,2}{58,5} = 0,278\text{ (1)}$$

$$\varepsilon_w = \frac{3\,W_i}{3\,W_s} = \frac{0,52}{11,25} = 0,0464.$$

$$\varepsilon = \frac{3\,W_i}{3(W_s+W_i)} = \frac{M'_1Q'\,.\,M'_1Y}{Q'M'_2\,.\,ZM'_2 + M'_1Q'\,.\,M'_1Y} = 0,0442.$$

Le système triphasé déséquilibré que nous avons étudié se comporte donc comme un système équilibré, capable de fournir à un moteur électrique une puissance utile de $W_s = 11,25$ kw. Ce système est caractérisé comme suit : tension entre phase et neutre, 69,5 v; intensité par phase, 58,5 a; facteur de puissance, 0,924.

La puissance absorbée par le système inverse est de $3\,W_i = 0,52$ kw.

Le système déséquilibré fournit en totalité :

$$3\,(W_s + W_i) = 11,25 + 0,52 = 11,77\text{ kw.}$$

Nous retrouvons cette puissance active d'une autre façon sur notre diagramme, en projetant le vecteur de chaque courant sur la tension correspondante, ce qui donne

$$\Sigma\,(W) = W_1 + W_2 + W_3 = 3\,(W_s + W_i)$$
$$= 5,62 + 3,67 + 2,48 = 11,77\text{ kw.}$$

Nous avons ainsi obtenu une confirmation des théories développées ci-dessus, ainsi qu'un contrôle de l'exactitude de nos opérations. Que l'on nous permette un petit commentaire sur le cas que nous venons de traiter. Si notre génératrice débite sur des résistances ohmiques, la totalité de la puissance active fournie devra être considérée comme utile W_u. Admettons que la somme des pertes en marche équilibrée soit ε_p pour 100 de la puissance; alors la génératrice absorbe

$$W_a = 3\,(1+\varepsilon_p)\,W_s + 3\,W_i\text{ watts.}$$

Prenons $\varepsilon_p = 0,1$ (10 pour 100); alors

$$W_a = 11,25\,.\,1,10 + 0,52 = 13,0\text{ kw.}$$

Le rendement total α_p sera, dans ce cas

$$\alpha_p = \frac{W_u}{W_a} = \frac{11,77}{13,0} = 0,9.$$

Si, au contraire, la génératrice débite sur une charge

(1) Dans la note à l'Académie des Sciences ε_i (ou mieux le rapport inverse) a été pris comme degré de déséquilibrage, afin d'éviter de se rapporter aux tensions; toutefois, cette manière de faire peut prêter à la discussion

Digitized by Google

comportant des machines à champ tournant ou pouvant y être assimilées, la puissance utile débitée W'_u sera seulement $3(W_s - W_i) = 11,77 - 0,52 = 11,25$ kw. Bien entendu, la génératrice débitera toujours la puissance active $W' = 3(W_s + W_i) = 11,77$ kw. La génératrice absorbant 13 kw, le rendement total sera

$$\alpha_p' = \frac{W_u'}{W_a} = \frac{11,25}{13,0} = 0,866.$$

Nous avons admis jusqu'ici, tacitement, que les vecteurs représentant les courants (ou les tensions) se ferment, c'est-à-dire que leur somme vectorielle est nulle. S'il n'existe pas de fil neutre, cette condition est toujours remplie pour les courants. Pour les tensions entre phase et neutre, ceci est rarement exact. Le neutre se trouve plutôt à un endroit quelconque du triangle représentant les tensions entre bornes. Nous pouvons alors tracer un diagramme comme celui indiqué sur la figure 4. Nous appellerons le tracé O-A-B-C,

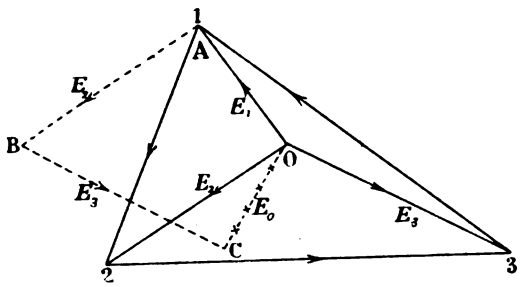


Fig. 4.

diagramme général. Il est possible d'indiquer un diagramme triangulaire que nous appellerons le diagramme normal, diagramme pouvant remplacer le diagramme général. La construction en est simple ; elle est indiquée par la figure 5.

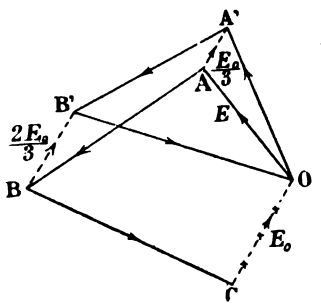


Fig. 5.

Avançons le point A de $\frac{E_0}{3}$ et B de $\frac{2E_0}{3}$, ce qui donne les points A' et B'. Le triangle OA'B' nous représente le diagramme normal (1). Nous avons ainsi ramené le cas général au cas particulier, qui nous a servi à développer nos théories.

Avec le diagramme normal ainsi obtenu, nous pouvons tracer le triangle des tensions aux bornes ; on remarque alors que ce nouveau triangle est identique à l'ancien et seulement déplacé de $\frac{E_0}{3}$ par rapport à lui.

On peut donc conclure de ce qui précède, que la position du point neutre d'un système triphasé est sans influence sur les composantes du système. On déduit donc ces composantes du triangle des tensions aux bornes, sans se préoccuper de la position du point neutre.

Cette propriété est très importante, car on voit aisément, ainsi, que les composantes synchrones et inverses sont les mêmes pour le récepteur que pour le générateur d'énergie.

Il y a aussi une relation bien simple entre les composantes d'un système triphasé, relation qui se déduit de la considération des tensions aux bornes et des tensions entre neutre et phase, telles qu'elles sont représentées sur la figure 6. Si les vecteurs se rapportant au premier

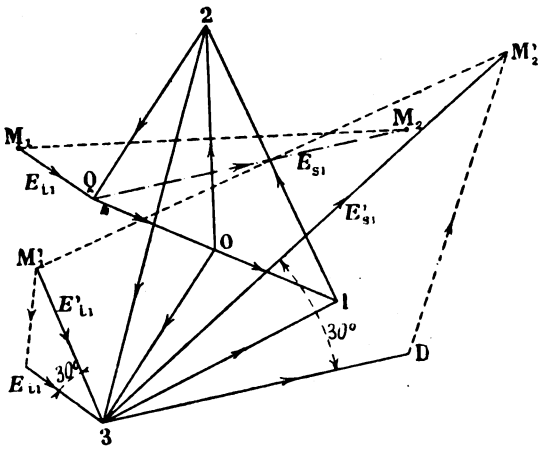


Fig. 6.

ace sont indiqués par des lettres primées, on constate que : (1)

$$E'_{s1} = E_{s1}\left[\frac{\sqrt{3}}{2} + \frac{j}{2}\right],$$

et

$$E'_{i1} = E_{i1}\left[\frac{\sqrt{3}}{2} - \frac{j}{2}\right].$$

Les vecteurs des tensions composées sont $\sqrt{3}$ fois les vecteurs des tensions par phases et déphasés de 30° an avant pour les composantes synchrones ; de 30° en arrière pour les inverses.

Nous voulons en dernier lieu discuter les mesures

(1) La preuve de l'existence de cette propriété sera faite dans un article en préparation intitulé : Essai d'une théorie générale des systèmes triphasés.

(1) Voir remarque précédente.

Digitized by Google

wattmétriques, qui sont, comme on le verra, sujettes à caution. Dans un réseau désiquilibré on trouve toujours un harmonique trois très important (1) et il y a toujours aussi une déformation du triangle des tensions. On ne pourra donc pas omettre des mesures indispensables, en se contentant de les remplacer par l'hypothèse que ce triangle n'est pas déformé (2). Pour connaître la puissance active (ou réactive) d'un réseau triphasé, il faut deux mesures avec un wattmètre (ou instrument approprié) ou bien une mesure avec deux wattmètres). Si un fil neutre existe, il faut trois mesures avec un instrument ou une mesure avec trois.

Avec les instruments courants, il est facile de déterminer les composantes du système, — comme nous l'avons montré par notre exemple. Il faut pour cela un wattmètre (une lecture), un voltmètre (trois lectures) et un ampèremètre (trois lectures; avec fil neutre: quatre). Sept ou huit lectures élémentaires suffisent donc pour déterminer rapidement ces composantes.

Il serait toutefois possible d'imaginer un instrument indiquant directement les deux composantes : par exemple, en alimentant trois bobines « gros fil » déphasées de 120° degrés dans l'espace, on peut créer un champ tournant synchrone et un champ tournant inverse dans un disque. En l'empêchant de tourner, ce disque indiquera le couple exercé par W_3. Un wattmètre ordinaire électrodynamique indiquera un couple proportionnel à W; la différence $W - W_3$ des indications sera donc proportionnelle à la puissance active du système inverse.

Etant donné toutefois que nous possédons des dispositifs plus simples et moins coûteux pour atteindre le même résultat, ces remarques sont faites à titre de pure curiosité.

L.-G. Stokvis,
Docteur-Ingénieur,
Administrateur-directeur de la Société d'Outillage mécanique et électrique.

Revues, analyses et informations

Diagramme des moteurs d'induction monophasés (3).

1. Circuit équivalent du moteur d'induction monophasé. — Le diagramme du courant sera basé sur la considération du circuit équivalent de la figure 1 qui assimile le moteur monophasé à deux moteurs polyphasés dont les enroulements primaires sont connectés en série.

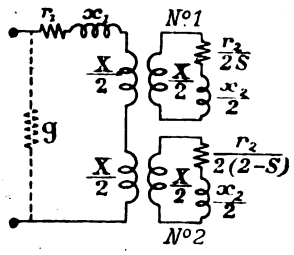


Fig. 1.

L'impédance d'excitation correspond à une réactance X répartie entre les deux stators; les pertes dans le fer sont représentées par une conductance g branchée aux bornes du circuit d'alimentation ; enfin, on ne fait pas figurer les pertes dans un champ elliptique à cause de la faible valeur de celles-ci et du peu d'influence qu'elles ont sur les vecteurs du diagramme.

2. Propriétés générales du diagramme circulaire. — Le diagramme circulaire correspondant à ce schéma est représenté sur la figure 2.

Représentons en OI le courant I' dans le primaire du

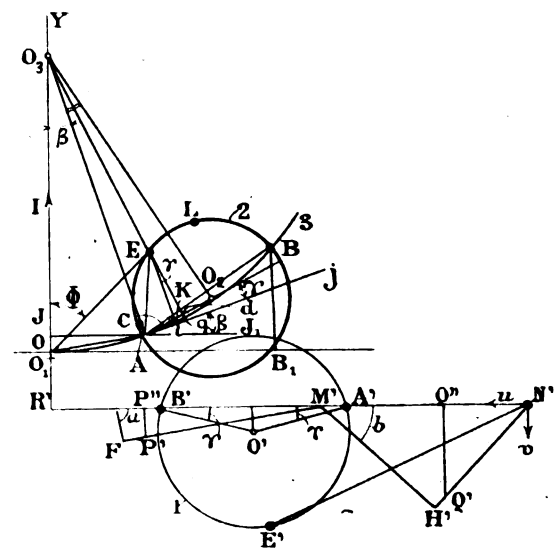


Fig. 2.

schéma équivalent ; la tension V de la ligne est la somme de $OR' = r_1 I'$, $R'S' = x_1 I'$, $S'M' = \frac{X}{2} I'$, $M'N' = \frac{X}{2} I'$ et des forces électromotrices $M'P' = \frac{X}{2} I_2$ et $N'Q' = \frac{X}{2} I''_2$ dues aux réactions des courants I'_2 I''_2 induits dans les rotors du schéma équivalent.

(1) Voir à ce sujet un article qui va paraître dans cette revue incessamment.

(2) Voir l'article de M. Yernaux : Considérations sur la mesure de la puissance réactive des réseaux électriques. *R. G. E.*, 10 juin 1922, t. XI, page 851.

(3) J.-K. Kostko, *J. A. I. E. E.*, janvier 1921, t. XLI, p. 30-36, 6 000 mots, 7 fig.

Digitized by Google

Les forces électromotrices M'P' et N'Q' se déduisent des constructions suivantes effectuées sur la même figure

$$S'F' = \frac{r_2 I'_2}{2}, \qquad F'M' = \frac{X + x_2}{2} I'_2,$$

$$M'H' = \frac{r_2}{2(2-s)} I''_2, \quad H'N' = \frac{X + x_2}{2} I''_2.$$

Posons

$$Z_1^2 = \frac{r_2^2}{4 s^2} + \left(\frac{X + x_2}{2}\right)^2,$$

$$Z_2^2 = \frac{r_2^2}{4(2-s)^2} + \left(\frac{X + x_2}{2}\right)^2.$$

On a les relations suivantes

$$\sin a = \frac{X + x_2}{2 Z_1}, \quad \cos a = \frac{r_2}{2 s r_1},$$

$$\sin b = \frac{X + x_2}{2 Z_2}, \quad \cos b = \frac{r_2}{2(2-s) Z_2}.$$

En supposant le courant I' constant, le point N' est fixe et le lieu géométrique de la tension de distribution est le même que celui décrit par le vecteur somme de M'P' et de N'Q'. Prenons le point N' comme origine des coordonnées u et v de E' correspondant respectivement aux axes horizontal et vertical; et posons les simplifications d'écriture suivantes

$$m = \frac{X^2 I'}{2(X + x_2)} \quad \text{et} \quad n = \frac{2(X + x_2)}{r_2},$$

on peut établir l'équation suivante

$$\left(u - \frac{3m}{2}\right)^2 + \left(v - \frac{m}{n}\right)^2 = m^2 \left(\frac{1}{4} + \frac{1}{n^2}\right),$$

qui montre que le lieu géométrique est un cercle, ainsi qu'on le sait d'ailleurs depuis longtemps.

Les coordonnées du centre u_0 et v_0 ont pour expressions

$$u_0 = \frac{4m}{2},$$

$$v_0 = \frac{m}{n},$$

Le diagramme du courant pour une tension constante V est le cercle 2 qui se déduit ensuite par inversion du cercle 1 par rapport au centre O, la constante d'inversion étant égale à VI', et par la substitution à la figure inversée du vecteur image par rapport à l'axe OY.

Si les pertes dans le fer sont supposées constantes, le lieu du courant total du circuit primaire de la figure 1 est le cercle 2 rapporté à la nouvelle origine des coordonnées O_1 et telle que OO_1 soit égal au courant dans la branche g.

L'inverse de la ligne R'N' est le cercle 3 de diamètre égal à

$$\frac{VI}{OR'} = \frac{V}{r_1},$$

dont le centre est sur OY en O_3; on a d'ailleurs

$$\text{(1)} \qquad \text{tang } \gamma = \frac{r_2}{X + x_2}.$$

Puissances du rotor. — On sait que les puissances du primaire et du secondaire, pour un point de fonctionnement E, sont proportionnelles aux distances de E aux lignes passant par le point de puissance nulle (AB et CI sur les figures). L'auteur détermine les coefficients de proportionnalité et démontre que la puissance fournie au rotor a pour expression

$$EK \times V \cos \gamma$$

ou sensiblement

$$EK \times V.$$

La puissance restituée par le rotor a une expression plus compliquée, mais qui se simplifie lorsque la résistance du rotor est peu élevée; on a alors sensiblement pour expression de cette puissance

$$EG \times V.$$

Le point G se trouve sur la droite CL tracée sur la figure 3. Sur cette figure, les points C et L correspondent au cas où le rotor est respectivement arrêté et sans couple.

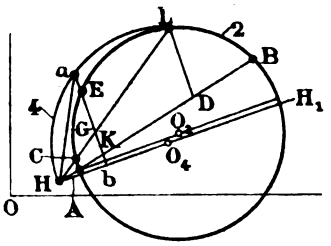


Fig. 3.

Les pertes par effet Joule dans le rotor sont alors représentées avec la même approximation par le produit

$$GK \times V.$$

Ces expressions approchées montrent que si les segments représentatifs des puissances fournie, restituée et consommée par le rotor sont tracés perpendiculairement au diamètre passant par le point de puissance statorique nulle, ces puissances peuvent être lues directement en ampères comme pour le diagramme des moteurs polyphasés. Les expressions ne sont cependant qu'approximatives, quoique la précision soit généralement suffisante.

Vitesse. — Soit (fig. 4) aa une droite arbitraire parallèle au point B correspondant au glissement infini; soit encore f, g, h, les points d'intersection de cette droite avec BL, BE et BU respectivement, U étant le point de glissement nul. La vitesse S par rapport à la vitesse du synchronisme a pour expression la formule bien connue

$$S^2 = \frac{fg}{fh}.$$

Couple — Le couple en watts synchrones est égal, par définition, au quotient de la puissance restituée par la vitesse ou en remarquant que S^2 est sensiblement propor-

Digitized by Google

tionnel au rendement du rotor (¹), le couple peut s'exprimer aussi sous la forme suivante

$$V\sqrt{EG \times EK},$$

qui montre que le couple en watts synchrones est aussi égal

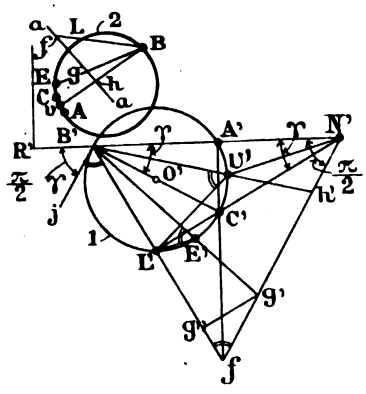


Fig. 4.

à la racine carrée du produit de la puissance reçue par le rotor par la puissance restituée.

3. Construction du diagramme a partir des résultats d'essais. — Les essais nécessaires à la construction du diagramme sont : 1° la mesure de la résistance r_1 ; 2° la détermination du point de démarrage L : par le courant correspondant I_s, la puissance W_s et le facteur de puissance $\cos\varphi_s$; 3° la détermination du point de charge nulle C par : le courant I_0 et la puissance W_0.

Une des difficultés du problème résulte du fait que le point A n'est pas donné par des essais. On admet généralement que les points A et C coïncident, ce qui simplifie les

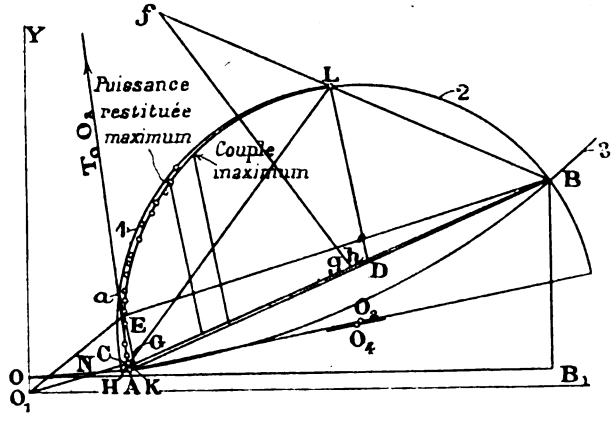


Fig. 5.

constructions ; mais si cette simplification est possible pour les gros moteurs, il n'en est pas de même pour les petits moteurs qui peuvent donner lieu à un arc AC non négligeable. L'auteur donne une méthode approchée de calcul de la corde de cet arc. Il indique ensuite les expressions approchées des angles α, β et γ, nécessaires à la construction complète du diagramme.

La figure 5 donne un exemple de diagramme circulaire appliqué à un moteur monophasé de 1 1/4 de cheval, 4 pôles et 60 p : s. — Ly.

(¹) Voir A.-S. Mc Allister. Diagramme circulaire simple du moteur d'induction monophasé. *Electrical World*, 31 juin 1906.

Les pertes dans les ajutages des turbines compound (¹).

D'après le principe des similitudes dynamiques énoncé en 1850 par Stokes, la résistance par centimètre carré de surface frottante est donnée par la relation

$$R = \rho v^2 \Phi\left(\frac{\nu}{vd}\right),$$

dans laquelle Φ indique une fonction de la relation entre parenthèses, ρ la densité du fluide en grammes par centimètre cube, v la vitesse d'écoulement en centimètres par seconde, ν la viscosité cinétique du fluide, d le diamètre ou tout autre paramètre fonction de la section du canal d'écoulement. Des expériences faites sur l'écoulement de l'eau et de l'air montrent que cette résistance est représentée très exactement par la relation

$$R = \rho v^2\left[0{,}0009 + 0{,}0763\left(\frac{\nu}{vd}\right)^{0{,}35}\right];$$

cette formule s'applique seulement au cas où la vitesse est assez grande pour provoquer l'écoulement turbulent. On peut admettre que l'écoulement de la vapeur est soumise à une loi identique et poser

$$R = A\rho v^2\left(\frac{\mu d}{m}\right)^n,$$

où A est un coefficient numérique, $\mu = \frac{\nu}{\rho}$ et $m = \rho v d^2$ est proportionnel à la masse du fluide. Si l est la longueur de l'ajutage, la résistance à l'écoulement est proportionnelle à Rld et le travail dépensé en frottement est, par seconde, proportionnel à $Rlvd$. Comme la masse passant par seconde est proportionnelle à $\rho v d^2$, l'énergie perdue par unité de masse est

$$\frac{Rlvd}{\rho v d^2} = C_1\frac{l}{d}v^2\left(\frac{\mu d}{m}\right)^n;$$

C_1 et n sont des constantes à déterminer par expérience. Pour des ajutages semblables, le rapport $\frac{l}{d}$ reste constant ; il en résulte que l'expression ci-dessus peut s'écrire $\frac{C}{2}v^2\left(\frac{\mu d}{m}\right)^n$. La valeur de la vitesse réelle étant v et v_1 la vitesse théorique, le principe de la conservation de l'énergie donne

$$v_1^2 = v^2 + Cv^2\left(\frac{\mu d}{m}\right)^n;$$

le rendement de l'ajutage est $\left(\frac{v}{v_1}\right)^2$, ou

$$\frac{1}{1 + C\left(\frac{\mu d}{m}\right)^n} = 1 - C\left(\frac{\mu d}{m}\right)^n$$

approximativement ; on voit donc que la perte à l'ajutage, en centièmes, est proportionnelle à $\left(\frac{\mu d}{m}\right)^n$; il en résulte que la perte est d'autant plus petite que d est plus petit pour un même poids de vapeur, c'est-à-dire lorsque la vitesse est grande. — E. B.

(¹) *Engineering*, 19 mai 1922, t. CXIII, p. 607-608, 2 000 mots, 1 fig.

Digitized by Google

SECTION INDUSTRIELLE

Méthode de calcul des transformateurs basée sur la recherche du prix de revient

L'auteur, envisageant successivement les cas des transformateurs monophasés et triphasés, calcule leurs dimensions en vue d'obtenir le prix de revient minimum. Il arrive à résoudre le problème au moyen de quatre équations, en fonction d'un seul paramètre caractéristique $A = \frac{C}{F}\frac{\varphi_c}{\varphi_f}$ *dans lequel C et F sont respectivement les prix du cuivre et des tôles,* φ_c *et* φ_f *les coefficients de remplissage du cuivre et du fer. Ayant basé son étude sur les hypothèses en tous points semblables à celles faites par MM. R. Pohle et H. Bohle dans un article paru à l'étranger, en 1905, sur ce même sujet, il arrive à des conclusions nettement différentes de celles de ces auteurs.*

I. **Généralités**. — Les données classiques d'un projet de transformateur sont :

1° La fréquence du courant f (ou la pulsation ω) ;

2° Les tensions primaire et secondaire U, U' ;

3° La charge maximum que doit supporter l'appareil (W kilovolts-ampères) ;

4° La charge moyenne W_0 pour laquelle l'appareil doit donner son maximum de rendement ;

5° La valeur de ce rendement maximum.

On sait qu'il est possible de satisfaire à ces données, avec des appareils de formes diverses et contenant des proportions très différentes de fer et de cuivre. Nous nous proposons de rechercher, parmi toutes ces solutions, celle qui correspondra au prix de revient minimum.

L'élément essentiel de ce prix de revient est la dépense totale de cuivre et de tôles entrant dans la construction de l'appareil. Les autres éléments : coût de la main-d'œuvre, fournitures diverses... peuvent être considérés comme sensiblement invariables quelle que soit la solution adoptée, ils n'entreront donc pas en ligne de compte dans l'étude que nous entreprenons.

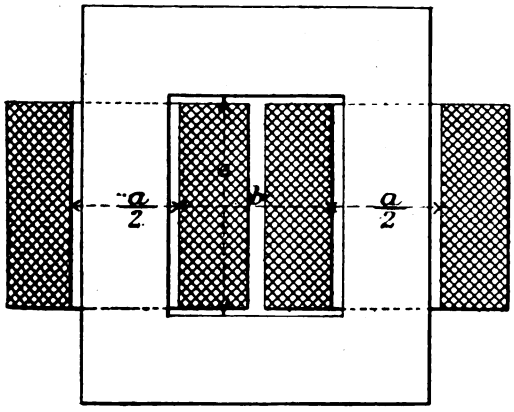


Fig. 1. — Transformateur à deux noyaux.

Nous envisagerons successivement le cas des transformateurs monophasés et le cas des appareils triphasés.

II. **Transformateurs monophasés.** — 1. Transformateur a deux noyaux. — La forme adoptée pour l'armature d'un transformateur monophasé peut être à *deux noyaux* (fig. 1) ou à un seul noyau central (type cuirassé) (fig. 2).

Nous exposerons nos calculs pour la forme à deux noyaux. Dans le cas du type cuirassé, la méthode serait identique, il suffit de faire subir aux résultats une légère modification numérique que nous indiquerons en fin d'exposé.

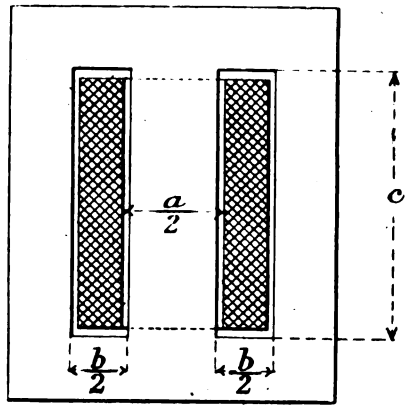


Fig. 2. — Tranformateur cuirassé.

Etant admis que le circuit magnétique doit avoir une section constante afin que l'induction $\mathcal{B}$ ait en tous points la même valeur, l'armature peut être définie par

Digitized by Google

les trois dimensions suivantes (fig. 1) (1) : $\frac{a}{2}$, diamètre du cercle circonscrit aux noyaux ou diamètre intérieur du bobinage ; b, distance intérieure entre les noyaux ; c, hauteur de ceux-ci.

La section droite des noyaux, de forme rectangulaire, ou en croix de Saint André, par exemple (fig. 3), aura

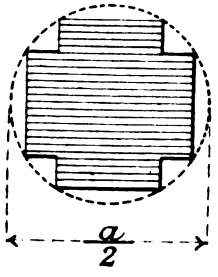


Fig. 3. — Section en croix de Saint-André.

une surface inférieure à celle du cercle circonscrit $\frac{\pi a^2}{16}$.

Le rapport de ces deux surfaces peut être considéré comme une donnée définie par la forme choisie pour la section.

Nous représenterons donc l'aire de cette section par l'expression

$$\varphi_f \cdot \frac{\pi a^2}{16},$$

φ_f étant un coefficient de remplissage, inférieur à 1 et de valeur connue.

La section dont on dispose entre les deux noyaux pour placer les bobines est égale à $b \times c$.

Si N et N' sont les nombres des spires primaire et secondaire ; σ et σ', les sections des fils de ces spires, la section totale de cuivre que doit contenir la surface $b.c$ a pour valeur

$$S_c = N\sigma + N'\sigma' \qquad (1)$$

et on a nécessairement

$$S_c < b.c.$$

Nous poserons

$$S_c = \varphi_c . b.c \qquad (2)$$

φ_c étant un coefficient numérique, inférieur à 1, que l'on peut appeler coefficient de remplissage du cuivre.

(1) Les hypothèses à la base de cette étude sont en tous points identiques à celles faites par MM. R. Pohl et H. Bohle dans un article qui a paru dans l'*Elektrotechnische Zeitschrift* du 28 septembre 1905, t. XXVI, p. 887-900, et dont les résultats sont reproduits dans l'ouvrage de Vieweger, *Recueil de problèmes sur l'Electricité* (traduction G. Capart, éditée par Dunod et Pinat).

L'ordre de grandeur de ce coefficient dépend principalement des épaisseurs d'isolant entourant le cuivre ; donc, des tensions en jeu U et U'. D'autres facteurs, comme la section des fils, leur forme, le mode de bobinage etc... n'ont qu'une influence secondaire qu'on peut négliger dans une première étude. Nous admettrons donc avec MM. Pohl et Bohle que l'on peut considérer le coefficient φ_c comme une donnée se déduisant des valeurs de U et U' (1).

Cela posé, soient I et I', les intensités primaire et secondaire ; i et i', les densités de courant correspondantes.

On aura

$$\sigma = \frac{I}{i}, \quad \sigma' = \frac{I'}{i'}$$

et, en portant ces valeurs dans l'expression (1),

$$S_c = \frac{NI}{i} + \frac{N'I'}{i'}.$$

En négligeant le courant magnétisant, on a

$$NI = N'I';$$

donc

$$S_c = NI\left(\frac{1}{i} + \frac{1}{i'}\right);$$

ce qui donnera d'après (2), en appelant α le rapport $\frac{i'}{i}$,

$$b.c.\varphi_c = \frac{NI}{i}\left(\frac{1+\alpha}{\alpha}\right), \qquad (3)$$

Evaluation des pertes. — On se donne le rendement en charge normale ou, ce qui revient au même, le rapport *des pertes* à la charge normale en kilovolts-ampères W_0. Nous désignerons ce rapport par p

$$p = \frac{\text{Pertes}}{W_0}.$$

Le rendement maximum correspond à l'égalité des pertes dans le cuivre et dans le fer ; nous aurons donc, par hypothèse

$$\text{en charge moyenne} \begin{cases} \text{pertes dans le cuivre} = \frac{1}{2} p W_0, \\ \text{pertes dans le fer} = \frac{1}{2} p W_0. \end{cases}$$

Quand la charge varie, les pertes dans le fer restent invariables ; les pertes dans le cuivre croissent propor-

(1) Voir dans l'article précité de ces auteurs, une courbe des valeurs à adopter pour φ_c, pour différentes valeurs de U et un rapport de tension $\frac{U}{U'}$ de l'ordre de 10.

Digitized by Google

tionnellement au carré de la charge ; si donc nous désignons par m la fraction de la charge maximum W qui correspond à la charge moyenne

$$\frac{W}{W_0} = m,$$

nous aurons

$$\text{en charge maximum} \begin{cases} \text{pertes dans le fer} = \frac{1}{2} p \cdot \frac{W}{m}, \\ \text{pertes dans le cuivre} = \frac{1}{2} p.m.W. \end{cases}$$

Nous admettrons que les pertes dans le fer, par unité de volume, peuvent se représenter par une expression de la forme $\eta' \mathcal{B}^2$.

En toute rigueur, seules les pertes par courant de Foucault satisfont exactement à cette loi de la proportionnalité au carré de l'induction ; les pertes dues à l'hystérésis ne varie que proportionnellement à $\mathcal{B}^{1,6}$, mais par un choix convenable du coefficient η', il sera toujours possible d'obtenir, à l'aide de la formule $\eta' \mathcal{B}^2$, une approximation suffisante dans un large domaine de variations de l'induction.

L'équation des pertes dans le fer à pleine charge sera donc

$$(4) \qquad \frac{1}{2} p \frac{W}{m} = (\text{volume du fer})\, \eta' \mathcal{B}^2.$$

Pour évaluer les pertes dans le cuivre, admettons l'égalité des spires moyennes du primaire et du secondaire, on aura

$$\frac{\text{volume du cuivre du primaire}}{\text{volume du cuivre du secondaire}} = \frac{i'}{i} = \alpha.$$

Donc l'ensemble des pertes Joule donnera l'équation

$$(5) \qquad \frac{1}{2} p.m\,W = (\text{volume total du cuivre}).\rho.\alpha i^2,$$

ρ désignant la résistivité du cuivre.

Equation de l'induction. — Cette équation s'écrit, avec nos notations,

$$U\sqrt{2} = N\omega\, \varphi_f \cdot \frac{\pi a^2}{16} \cdot \mathcal{B}$$

ou, en multipliant les deux membres par I et en remplaçant N par sa valeur tirée de l'équation (3)

$$(6) \qquad W\sqrt{2} = \omega \cdot \varphi_f \cdot \varphi_c \cdot \pi \frac{a^2}{16} \cdot b.c. \frac{\alpha}{1+\alpha} \cdot i.\mathcal{B}.$$

Prix de revient. — Soit : F, le prix de l'unité de volume de tôles ; C, le prix de l'unité de volume de cuivre ; la dépense de matière sera

$$P = F \times (\text{vol. du fer}) + C \times (\text{vol. du cuivre}),$$

(1) Voir Wiedeger, ouvrage précité, n° 311, p. 307.

ou, d'après (4) et (5),

$$(A) \qquad P = \frac{1}{2} p.W \left[\frac{F}{m\eta' \mathcal{B}^2} + \frac{Cm}{\alpha.\rho.i^2} \right].$$

Cette expression est une fonction des grandeurs i et $\mathcal{B}$, lesquelles sont liées aux variables a, b, c, par trois relations, savoir :

1° L'équation des pertes dans le cuivre ;
2° L'équation des pertes dans le fer ;
3° L'équation de l'induction.

Equation des pertes dans le cuivre. — La longueur moyenne d'une spire sera

$$\pi \cdot \frac{a+b}{2};$$

d'où

$$(\text{volume du cuivre}) = \pi \cdot \frac{a+b}{2} \cdot b.c.\varphi_c.$$

et, par suite, l'équation (5) donne

$$(B) \quad \begin{cases} \frac{1}{2} p.m\,W = \pi \cdot \frac{a+b}{2} \cdot b.c.\varphi_c.\rho.\alpha.i^2, \\ \text{c'est-à-dire } W \text{ proportionnel à } (a+b)\, bc i^2. \end{cases}$$

Equation des pertes dans le fer. — La longueur de la fibre moyenne du circuit magnétique est $2(a+b+c)$; d'où

$$(\text{vol. du fer}) = 2(a+b+c)\, \varphi_f \cdot \pi \frac{a^2}{16};$$

par suite, l'équation (4) donne

$$(C) \quad \begin{cases} \frac{1}{2} p \cdot \frac{W}{m} = 2 \frac{\pi}{16} \cdot a^2 (a+b+c)\, \mathcal{B}^2 \cdot \eta' \cdot \varphi_f. \\ \text{c'est-à-dire } W \text{ proportionnel à } a^2(a+b+c)\mathcal{B}^2. \end{cases}$$

L'équation de l'induction que nous écrivons à nouveau donne

$$(D) \quad \begin{cases} W\sqrt{2} = \frac{\pi}{16} \cdot \omega \varphi_c \cdot \varphi_f \cdot \frac{\alpha}{1+\alpha} \cdot b.c.a^2.i.\mathcal{B}, \\ \text{c'est-à-dire } W \text{ proportionnel à } a^2.b.c.i.\mathcal{B}. \end{cases}$$

Les quatre relations (A), (B), (C), (D), liant la dépense P aux cinq variables $\mathcal{B}$, i, a, b, c, définissent le problème.

Changement de variable. — Remplaçons la variable i par la quantité

$$\lambda = m \sqrt{\frac{C}{F} \cdot \frac{\eta'}{\alpha\rho} \cdot \frac{\mathcal{B}}{i}},$$

dont le carré représente le rapport de la dépense de cuivre à la dépense de fer (voir équation A). Les équa-

Digitized by Google

tions deviendront, exprimées en fonction de $\mathcal{B}$, λ, a, b, c,

$$P = P_0 \frac{1+\lambda^2}{\mathcal{B}^2} \tag{I}$$

$$\frac{K}{\mathcal{B}^2} = \frac{(a+b)bc}{\lambda^2} \tag{II}$$

$$\frac{K.A}{\mathcal{B}^2} = a^2(a+b+c) \tag{III}$$

$$\frac{K.B}{\mathcal{B}^2} = \frac{a^2bc}{\lambda}. \tag{IV}$$

K, A, B, P_0, désignant des coefficients constants qui ont pour expressions

$$K = \frac{1}{\pi}.p.\frac{W}{m}.\frac{F}{C}.\frac{1}{\tau_1 \varphi_c}, \quad A = 4.\frac{C}{F}.\frac{\varphi_c}{\varphi_f},$$

$$B = \frac{16\sqrt{2}}{p.\omega}.\left(\frac{1}{\sqrt{2}} + \sqrt{\alpha}\right)\frac{\sqrt{\rho\tau_1}}{\varphi_f}.\sqrt{\frac{C}{F}},$$

$$P_0 = \frac{1}{2}p.\frac{W}{m}.\frac{F}{\varphi}.$$

(V) La comparaison de (II) et (IV) donne

$$a^2\lambda = B(a+b)$$

relation linéaire entre b et λ.

En éliminant c entre (III) et (IV), on obtient

$$\frac{K}{\mathcal{B}}.A = a^2(a+b) + a^2c = \frac{a^4\lambda}{B} + \frac{K}{\mathcal{B}^2}.\frac{B\lambda}{a},$$

ou

$$\frac{K}{\mathcal{B}^2}\left(\frac{A}{\lambda} - \frac{B}{b}\right) = \frac{a^4}{B} \tag{VI}$$

En portant la valeur de $\mathcal{B}^2$, tirée de cette équation, dans l'expression de la dépense, il vient

$$P = \frac{P_0}{K.B}.\frac{(1+\lambda^2)a^4}{\left(\frac{A}{\lambda} - \frac{B}{b}\right)}.$$

Cette relation, en remarquant que b est donné par

$$b = \lambda\frac{a^2}{B} - a, \tag{V}$$

exprime donc la dépense en fonction des deux seules variables a et λ.

Changement d'unité. — La formule IV nous montre que B est homogène à une longueur, c'est une *longueur caractéristique* que nous éliminerons en posant

$$\frac{a}{a'} = \frac{b}{b'} = \frac{c}{c'} = B \tag{VII}$$

a', b', c', seront les *dimensions réduites* du noyau.

En remplaçant dans les formules précédentes a, b, c, par Ba', Bb', Bc', nous avons

$$P = P'_0.\frac{a'^4(1+\lambda^2)}{\left(\frac{A}{\lambda} - \frac{1}{b'}\right)},$$

avec $b' = \lambda a'^2 - a'$ et les coefficients A, B, P'_0, ayant pour expression

$$A = 4.\frac{C}{F}.\frac{\varphi_c}{\varphi_f},$$

$$B = \frac{16\sqrt{2}}{p.\omega}\left(\sqrt{2} + \frac{1}{\sqrt{\alpha}}\right)\sqrt{\frac{C}{F}}\frac{\sqrt{\rho.\tau_1}}{\varphi_f},$$

$$P'_0 = \frac{\pi}{2}C\varphi_c B^3.$$

Nous aboutissons donc à une expression de la dépense P, qui est le produit de deux facteurs distincts; l'un,

$$\psi = \frac{(1+\lambda^2)a'^4}{\left(\frac{A}{\lambda} - \frac{1}{b'}\right)},$$

est fonction de a' et λ et contient le seul paramètre

$$A = 4.\frac{C}{F}.\frac{\varphi_c}{\varphi_f};$$

l'autre,

$$P'_0 = \frac{\pi}{2}.C.\varphi_c.B^3,$$

ne dépend ni de a', ni de λ, mais contient les données

$$p, \quad \alpha = \frac{i'}{i}, \quad \omega, \quad \rho, \quad \tau_1',$$

qui n'entrent pas dans le premier facteur.

Il nous faut donc, pour obtenir le prix de revient minimum, écrire tout d'abord que la fonction $\psi(\lambda, a')$ est minimum; c'est-à-dire que l'on a

$$\frac{\partial\psi}{\partial a'} = 0, \quad \frac{\partial\psi}{\partial\lambda} = 0;$$

$\frac{\partial\psi}{\partial a'} = 0$ donne $4a'^3\left(\frac{A}{\lambda} - \frac{1}{b'}\right) - \frac{a'^4}{b'^2}(2a'\lambda - 1) = 0.$

ou

$$4Ab'^2 = a'\lambda(6a'\lambda - 5),$$

$\frac{\partial\psi}{\partial\lambda} = 0$ donne $2\lambda\left(\frac{A}{\lambda} - \frac{1}{b'}\right) + (1+\lambda^2)\left(\frac{A}{\lambda^2} - \frac{a'^2}{b'^2}\right) = 0,$

ou

$$Ab'^2(1+3\lambda^2) = a'\lambda^2[(1+3\lambda^2)a' - 2\lambda].$$

Digitized by Google

De ces deux conditions, jointes à $b' = \lambda a'^2 - a'$, on tire A, a', b', en fonction rationnelle de λ

$$(\alpha) \qquad A = 4\lambda^2 \frac{\left(5 - \frac{12\lambda^2}{1+3\lambda^2}\right)}{\left(5 - \frac{8\lambda^2}{1+3\lambda^2}\right)\left(3 - \frac{8\lambda^2}{1+3\lambda^2}\right)^2}$$

$$(\beta) \qquad a' = \frac{1}{2\lambda}\left(5 - \frac{8\lambda^2}{1+3\lambda^2}\right)$$

$$(\gamma) \qquad b' = \frac{1}{4\lambda}\left(5 - \frac{8\lambda^2}{1+3\lambda^2}\right)\left(3 - \frac{8\lambda^2}{1+3\lambda^2}\right)$$

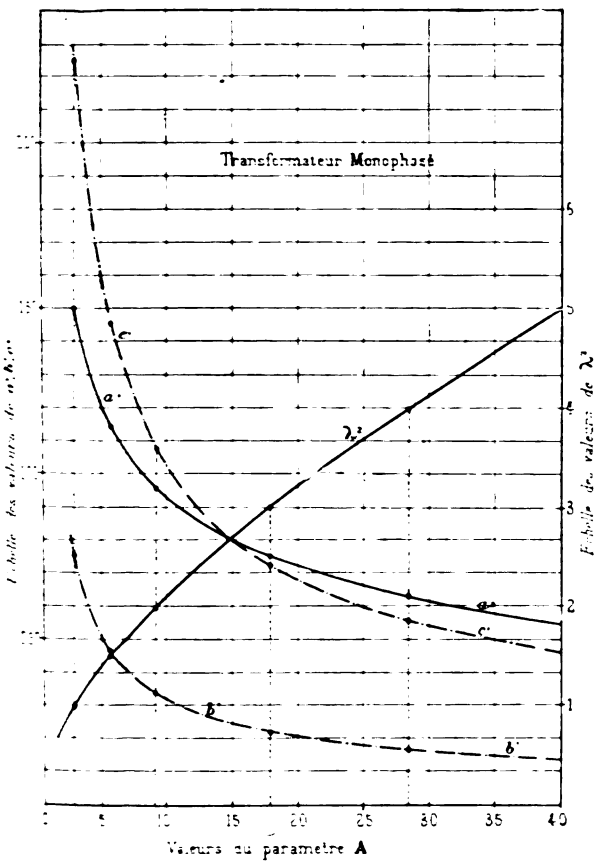


Fig. 4. — Valeurs des dimensions réduites a', b', c' et du paramètre λ en fonction de A pour un transformateur monophasé.

$A = 2{,}66$	$A = 9{,}07$	$A = 17{,}9$	$A = 28{,}4$	$A = 40$
$\lambda^2 = 1$	$\lambda^2 = 2$	$\lambda^2 = 3$	$\lambda^2 = 4$	$\lambda^2 = 5$
$a = 1{,}50$	$a' = 0{,}96$	$a' = 0{,}75$	$a' = 0{,}63$	$a' = 0{,}558$
$b = 0{,}75$	$b = 0{,}34$	$b = 0{,}225$	$b = 0{,}17$	$b' = 0{,}14$
$c = 2{,}25$	$c' = 1{,}08$	$c = 0{,}73$	$c' = 0{,}56$	$c' = 0{,}46$

et l'équation IV donnera pour valeur correspondante de la troisième dimension réduite c'

$$(\delta) \qquad c' = \frac{1}{8\lambda} \cdot \frac{\left(5 - \frac{8\lambda^2}{1+3\lambda^2}\right)^2 \left(3 - \frac{8\lambda^2}{1+3\lambda^2}\right)}{\left(1 - \frac{2\lambda^2}{1+3\lambda^2}\right)}$$

Ces formules (α), (β), (γ), (δ) à coefficients numériques résolvent le problème proposé.

Elles se traduisent géométriquement par les courbes de la figure 4.

Ces courbes donnent les valeurs de λ et des dimensions réduites a' b' c' en fonction de l'unique paramètre

$$A = 4\frac{C}{F} \cdot \frac{\eta_c}{\eta_f}.$$

2. Cas d'un transformateur du type cuirassé. — Les calculs à effectuer dans ce cas sont absolument identiques à ceux que nous venons d'exposer.

En adoptant les notations de la figure 2, on constate que les relations (α), (β), (γ), subsistent sans aucun changement. La relation (δ) subit une légère modification : l'expression de c' doit être multiplié par deux.

Dans l'un et l'autre cas, nous pouvons donc énoncer les remarquables résultats suivants.

1° La répartition de la dépense à adopter entre le cuivre et le fer (λ) ainsi que la forme à donner au noyau (dimensions réduites a', b', c') pour réaliser l'appareil le moins coûteux, ne dépendent que du rapport des prix du fer et du cuivre $\frac{C}{F}$ et des coefficients de remplissage η_c et η_f.

2° Les autres données α, p, ω, ρ, η_i', n'interviennent que sur la valeur absolue des dimensions de l'appareil (paramètre B), dimensions $a = Ba'$, $b = Bb'$, $c = Bc'$.

III. **Transformateurs triphasés.** — La même méthode de calcul s'applique sans difficulté à un appareil triphasé et les résultats sont analogues. Prenons le

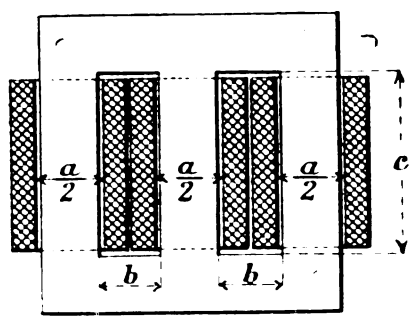


Fig. 5. — Transformateur triphasé.

cas d'un appareil à circuit dyssymétrique ayant ses trois noyaux dans un même plan et adoptons les notations de la figure 5.

Comme il suffit de répéter mot à mot l'exposé qui vient d'être fait, nous ne ferons qu'indiquer les résultats.

La formule (I) donnant la dépense n'est évidemment pas modifié

$$(I) \qquad P = P_0 \frac{1+\lambda^2}{\omega^2}.$$

Digitized by Google

Les formules (II), (III), (IV) deviennent

$$\text{(II)} \qquad \frac{K}{\mathcal{B}^2} = \frac{3}{2}\cdot\frac{(a+b)\,b.c}{\lambda^2},$$

$$\text{(III)} \qquad \frac{K.A}{\mathcal{B}^2} = a^2\,\frac{(3a+3c+4b)}{2},$$

$$\text{(IV)} \qquad \frac{KB}{\mathcal{B}^2} = \frac{3}{2}\,\frac{a^2bc}{\lambda},$$

les coefficients P_0, K, A, B, ayant les mêmes expressions qu'en monophasé. Les mêmes transformations et changement d'unité conduisent à l'expression définitive de la dépense

$$P = \frac{1}{2}\,P'_0\,\frac{a'^3\,(1+\lambda^2)\,(4a'\lambda-1)}{\left(A-\frac{\lambda}{b'}\right)},$$

avec

$$b' = \lambda a'^2 - a'.$$

La recherche du minimum de la fonction

$$\psi'(a',\lambda) = \frac{a'^3\,(1+\lambda^2)\,(4a'\lambda-1)}{\left(A-\frac{\lambda}{b'}\right)},$$

conduit aux résultats suivants

$$\lambda^2 = \frac{(16\lambda a'-3)-4\lambda a'\,(2\lambda a'-1)}{2\,(2\lambda a'-1)\,(6\lambda a'-1)+(16\lambda a-3)}$$

$$A = \lambda^2\,\frac{(2\lambda a'-1)\,(4\lambda a'-1)+(16\lambda a'-3)\,(\lambda a'-1)}{\lambda a'\,(16\lambda a'-3)\,(\lambda a'-1)^2}.$$

ces deux expressions de A et λ en fonction rationnelle du paramètre auxiliaire $a'\lambda$ permettent de tracer par points les courbes de la figure 6 donnant les valeurs de λ et de a', b', c', en fonction de A.

Le résultat est analogue à celui obtenu en monophasé. La forme optimum ne dépend que du paramètre

$$A = 4\cdot\frac{C}{F}\cdot\frac{\varphi_c}{\varphi_f}.$$

IV. **Influence des données x, p, ω, ρ, η' sur le prix de revient.** — Il est aisé d'étudier l'influence respective de chacune de ces données d'après l'expression du facteur

$$P'_0 = \frac{\pi}{2}\,C.\varphi_c.B^3,$$

dans lequel

$$B = \frac{16\sqrt{2}}{p.\omega}\cdot\left(\sqrt{\alpha}+\frac{1}{\sqrt{\alpha}}\right)\sqrt{\frac{C}{F}}\cdot\frac{\sqrt{\rho.\eta'}}{\varphi_f}.$$

Influence du rapport $\alpha = \frac{i'}{i}$. — Ce rapport des densités de courant primaire et secondaire entre dans le coefficient B par l'expression

$$\left(\frac{1}{\sqrt{\alpha}}+\sqrt{\alpha}\right),$$

qui est minimum pour $\alpha = 1$.

Donc, *on obtient le coût minimum en prenant des densités de courant égales dans les deux enroulements.*

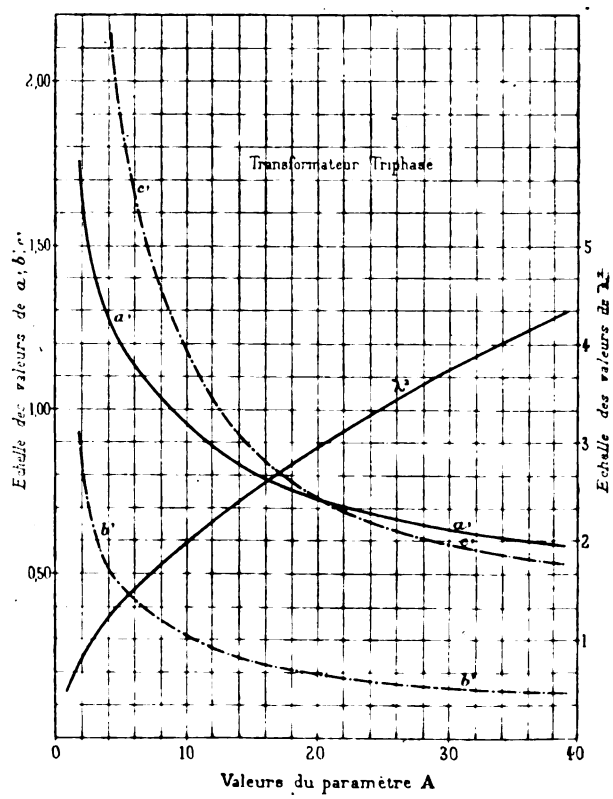


Fig. 6. — Valeurs des dimensions réduites a', b', c', et du paramètre λ en fonction de A pour un transformateur triphasé.

Nous retrouvons ainsi un résultat classique, mais démontré généralement dans l'hypothèse d'*un poids de cuivre donné*. Ici notre démonstration est différente et n'implique nullement cette condition.

Influence de la fréquence. — B est proportionnel à $\frac{\sqrt{\eta'}}{\omega}$; η' dépend de ω, mais varie moins rapidement que ω^2 : donc les dimensions et la dépense de matière varieront en sens inverse de la fréquence.

Influence du rendement adopté ($r = 1 - p$). — L'appareil sera d'autant moins volumineux que le rendement choisi sera plus faible et le prix de revient variera proportionnellement à $(1-r)^3$.

Digitized by Google

Suivant le but visé, on fixera son choix, soit sur un appareil à très bon rendement, mais coûteux, soit sur un appareil meilleur marché, à rendement plus faible. On sera limité dans cette seconde voie par la nécessité d'avoir une surface de refroidissement suffisante et des valeurs admissibles pour l'induction et pour la densité de courant.

Influence des coefficients de pertes ρ, η'. — Les dimensions varieront dans le même sens que la résistivité du cuivre employé ρ, et que le coefficient de pertes des tôles η', proportionnellement à $\sqrt{\rho\eta'}$.

V. **Conclusions.** — En résumé, une première étude d'un projet de transformateur pourra être conduite de la façon suivante.

Etant donnés les prix du cuivre et des tôles, C et F, le coefficient de remplissage du fer φ_f déduit de la forme adoptée pour les noyaux et le coefficient de remplissage du cuivre φ_c compatible avec les isolements nécessaires, on calculera le paramètre caractéristique

$$A = 4 \cdot \frac{C}{F} \cdot \frac{\varphi_c}{\varphi_f}.$$

Les courbes de la figure 4, dans le cas d'un appareil monophasé, ou celles de la figure 6, dans le cas d'un appareil triphasé, donneront la valeur de λ et les valeurs des dimensions réduites à a', b', c' correspondant à cette valeur de A.

Les autres données W, ρ, η', ω... permettront de calculer les expressions suivantes

$$B_0 = \frac{16\sqrt{2}}{\omega}\sqrt{\frac{C}{F}\cdot\frac{\sqrt{\rho\eta'}}{\varphi_f}} \quad \text{et} \quad K_0 = \frac{1}{\pi}\cdot\frac{W}{m}\cdot\frac{C}{F}\cdot\frac{1}{\eta'\varphi_c}.$$

Si l'on adopte alors pour la répartition des densités de courant la condition la plus favorable $i = i'$, la longueur caractéristique B sera telle que

$$B = \frac{B_0}{p},$$

p désignant les pertes correspondant au rendement choisi $p = 1 - r$ (1).

Les dimensions absolues à donner à l'appareil seront

$$a = \frac{B_0}{p}\cdot a' \qquad b = \frac{B_0}{p}\cdot b' \qquad c = \frac{B_0}{p} \times c'.$$

(1) r est ici, ainsi que page 329, le rendement abstraction faite du facteur de puissance

$$r = \frac{W_0 - \text{Pertes}}{W_0}$$ (W_0, charge en kilovolts-ampères).

Remarques. — La valeur correspondante de l'induction, donnée par l'équation IV, sera

$$\mathfrak{B}^2 = \rho^4 \cdot \frac{K_0}{B_0^3}\cdot\frac{1}{a'^3}\left(\frac{A}{\lambda} - \frac{1}{b'}\right);$$

elle croît avec les pertes. Donc la nécessité d'avoir une induction inférieure à la limite usuelle de 15 000 gauss (ou à telle autre valeur donnée) fixera une limite supérieure pour p.

En outre, le calcul de la surface de refroidissement présentée par les noyaux et les bobines conduira à une surface, par watt dégagé proportionnelle sensiblement à $\left(\frac{1}{p}\right)^3$. Le mode de refroidissement adopté (air, huile, ventilation, etc.), fixera une limite inférieure à cette surface, soit une seconde limite supérieure aux pertes p.

La valeur choisie devra se tenir au dessous de ces deux limites.

Enfin, on complètera l'étude de l'appareil par la considération de la chute de tension en charge, s'il y a lieu.

Nota. — MM. Pohl et Bohle, dans l'article que nous signalons au début de cette étude, prétendent qu'il convient, pour avoir le prix de revient minimum, *de répartir également* la dépense entre le cuivre et le fer, c'est-à-dire, avec nos notations, de prendre

$$\lambda = 1.$$

Ils présentent cette condition, au début de leur exposé comme justifiée par des calculs d'essais.

Nous aboutissons à une conclusion nettement différente : le rapport λ doit avoir une valeur déterminée, donnée par les courbes des figures 5 et 6 en fonction du rapport des prix du cuivre et du fer et des coefficients de remplissage. Cette valeur sera, en général, différente de 1. Elle varie en sens inverse du rapport $\frac{C}{F}$, ce qui est logique.

En traitant un exemple, nous avons, à l'aide des courbes tracées, obtenu une solution de 25 pour 100 plus économique que la solution correspondant à $\lambda = 1$.

En outre, MM. Pohl et Bohle ne font pas ressortir le fait remarquable que la forme la plus économique n'est fonction que du paramètre

$$A = 4 \cdot \frac{C}{F}\cdot\frac{\varphi_c}{\varphi_f}$$

et ne dépend nullement des autres données : fréquence, puissance, rendement, etc.

F. Margand.
Ingénieur civil des Mines.

Digitized by Google

Sur la mise à la terre du neutre d'un réseau triphasé

A propos des objections que M. Ledoux avait présentées, dans une lettre publiée dans le numéro R. G. E. du 3 juin 1922, t. XI, p 809, au sujet de l'article de M. M. Kœchlin, celui-ci nous prie d'insérer la réfutation suivante.

Dans mon article du 6 mai 1922, je suis arrivé aux conclusions résumées suivantes : 1° si la mise hors service accidentelle d'une ligne devait provoquer une interruption de service pouvant avoir des conséquences graves et si les installations étaient suffisantes pour supporter temporairement une différence de tension avec la terre égale à la tension composée, il serait avantageux d'isoler le neutre (cas général des lignes aériennes); 2° dans le cas contraire, il conviendrait de mettre le neutre franchement à la terre (cas général des lignes souterraines); 3° la mise à la terre du neutre par l'intermédiaire d'une résistance n'est pas à recommander.

M. Ledoux expose, dans une lettre publiée ici (n° 22, du 3 juin 1922), quelques considérations qui l'amènent à des conclusions opposées. Les arguments mis en avant par M. Ledoux sont intéressants, mais ne me paraissent pas assez concluants pour modifier mon point de vue.

M. Ledoux examine les cas suivants :

1. *Cas d'une ligne aérienne dont une phase est mise accidentellement à la terre sans rupture de fil* (branche d'arbre en contact avec un fil ou fil touchant une ferrure). Il énumère en premier lieu les avantages qu'il voit à mettre le neutre à la terre par l'intermédiaire d'une résistance et il affirme :

a) Que l'élévation de tension entre les phases non avariées et la terre est localisée dans le voisinage du défaut. C'est juste, mais où est l'avantage, puisque je n'admets le neutre isolé que lorsque toute l'installation peut supporter une différence de tension composée avec la terre? Dans ce cas, je continue l'exploitation, tandis que M. Ledoux doit arrêter le service de sa ligne : il me semble que l'avantage est de mon côté.

b) Que le courant qui prendra naissance sera limité à une valeur admissible et pourra être coupé par le disjoncteur sans crainte d'explosion de ce dernier et sans crainte de surtension. C'est exact, mais il n'y a pas d'avantage par rapport au neutre isolé avec lequel le disjoncteur ne peut faire explosion puisqu'il ne fonctionne même pas dans ce cas. Je ne crois pas non plus qu'il y ait un avantage par rapport au neutre franchement à la terre, comme je le montrerai en parlant des câbles.

c) Que l'on peut augmenter le retard des disjoncteurs, ce qui évitera de nombreux déclanchements inutiles (si le défaut est constitué par une branche d'arbre, cette dernière sera brûlée avant que le disjoncteur ait fonctionné). Il n'y a aucun avantage par rapport au neutre isolé, avec lequel on évite encore beaucoup plus de déclanchements inutiles, pas plus d'ailleurs que si le neutre est franchement à la terre; en effet, j'ai expliqué que, dans le cas d'une ligne aérienne, on devrait en général isoler le neutre, mais qu'il pouvait se présenter des cas où il était préférable de le mettre franchement à la terre, lorsque les installations ne supportaient pas une différence de tension, par rapport à la terre, égale à la tension composée. Or, avec le neutre à la terre par l'intermédiaire d'une résistance, on a précisément, dans une partie des installations, ce que nous voulions éviter, c'est-à-dire des surtensions qui, sans atteindre la valeur de la tension composée, s'en rapprochent cependant.

d) Que, dans le cas d'installations à très haute tension où les courants de capacité ne sont pas négligeables, les phénomènes de résonance, au moment d'une mise à la terre, sont éliminés à cause de l'amortissement dû à la résistance. J'ai eu à m'occuper de lignes à haute tension dont le neutre était isolé et les phénomènes de résonance ne m'ont jamais gêné, tandis que j'aurais été très embarrassé si j'avais dû interrompre le service de la ligne toutes les fois qu'une phase était à la terre.

M. Ledoux estime que l'on ne peut continuer l'exploitation avec une phase à la terre, à cause des trois inconvénients suivants :

1° Les parafoudres pourront fonctionner intempestivement. C'est une question de réglage des parafoudres. En outre, entre le risque d'une interruption générale et celui de fonctionnement intempestif des parafoudres, je préfère le second.

2° L'isolement des phases non avariées supportera constamment la tension composée. C'est naturellement le gros inconvénient que j'ai discuté en détail dans mon article, et j'ai exposé précisément qu'il ne fallait isoler le neutre que lorsque toutes les parties de l'installation pouvaient supporter cette tension composée.

3° Il y aura du danger pour tout individu qui s'approchera du défaut. Ici, je ne suis pas du tout d'accord avec mon honorable contradicteur. Je n'ai pas encore eu connaissance d'un seul accident de ce genre survenu sur les différents réseaux avec neutre isolé dont je me suis occupé. Il ne faut pas oublier que le courant passant par le défaut est faible, car il n'est formé que par le courant de capacité et les courants de perte des autres phases. S'il était prouvé qu'un danger existât vraiment, j'ai indiqué le moyen d'y parer, en adoptant un dispositif mettant à la terre, franchement et d'une manière permanente, la phase sur laquelle le défaut s'est produit.

Digitized by Google

2. *Ligne aérienne, mise à la terre accidentelle d'une phase avec rupture de fil.* — Comme le dit M. Ledoux, dans ce cas, il y a interruption de service que le neutre soit à la terre ou non. M. Ledoux voit un avantage du neutre à la terre dans le fait que l'existence du défaut est décelée immédiatement. Il veut dire par là que le défaut est décelé par le déclanchement du disjoncteur, tandis qu'avec le neutre isolé, le défaut est décelé par les instruments. L'avantage signalé par M. Ledoux ne me paraît vraiment pas concluant.

3. *Réseau souterrain.* — Il s'agit maintenant de comparer le neutre franchement à la terre avec le neutre mis à la terre par l'intermédiaire d'une résistance. M. Ledoux expose les avantages du second système. Je ne conteste pas les deux premiers, qui sont :

a) Réduction de courant au moment de la mise à la terre d'une phase ;

b) Diminution possible des phénomènes de résonance.

M. Ledoux ajoute que, lors de l'établissement ou de la rupture du courant de court-circuit à travers la terre, lorsque le neutre est franchement à la terre, l'élévation de tension peut atteindre 100, 200, 300 pour 100 et même plus. Ces chiffres, dont je ne mets pas en doute l'exactitude, quoique je n'aie jamais constaté d'élévations de tension pareilles, ne sont pas aussi concluants qu'ils le paraissent au premier abord, parce que ces surtensions sont très courtes et localisées sur une petite partie des installations, tandis que l'élévation de tension entre les phases non avariées et la terre, provoquée par l'interposition d'une résistance entre le neutre et la terre, peut avoir une durée beaucoup plus longue (les disjoncteurs, n'étant pas parcourus par un courant de court-circuit, ne déclanchent pas instantanément) et s'étendre sur toutes les installations.

M. Ledoux craint le danger d'explosion des disjoncteurs dans le cas d'un courant de court-circuit, lorsque le neutre est franchement à la terre. Dans le cas d'une ligne aérienne, les résistances de ligne, de contact et de terre sont en général telles que l'intensité du courant de court-circuit ne suffit pas à provoquer l'explosion des disjoncteurs. Dans le cas de câbles, ce danger n'est pas écarté par l'interposition d'une résistance entre neutre et terre. Que se passe-t-il, en effet, lorsqu'une phase d'un câble vient accidentellement en contact avec la terre ? Le disjoncteur ne fonctionne pas immédiatement, mais avec retard, puisqu'il n'est pas parcouru par un courant de court-circuit. Pendant ce temps, l'arc provoque un court-circuit entre phases et nous n'évitons pas le courant de court-circuit.

Je termine cette trop longue lettre non sans remercier M. Ledoux d'avoir exposé sa manière de voir, regrettant de ne pouvoir la partager.

M. Kœchlin,
Ingénieur à Bâle.

Revues, analyses et informations

Les pertes diélectriques et les limites des tensions électriques admissibles dans les câbles (1).

Les recherches de Clark et Sharaklin sur les phénomènes d'ionisation dans les câbles à haute tension ont abouti à la conclusion que le gradient de potentiel dans de tels câbles ne devait pas dépasser la valeur maximum de 1950 v : mm. Ce résultat est cependant contredit par la pratique et il existe de nombreux exemples de câbles donnant toute satisfaction quoique travaillant dans des conditions beaucoup plus défavorables. Les résultats des recherches précédentes surprennent d'ailleurs par les valeurs élevés du cos φ des câbles essayés, valeurs très supérieures à celles des câbles actuels de bonne fabrication. Il semble donc que la valeur maximum admissible de 1 950 v : mm soit trop faible. Une série d'essais a été effectuée dans ce sens par l'auteur sur des câbles européens de provenances diverses; les résultats en sont donnés ci-dessous.

Cables allemands a un conducteur (1909-1910). — Les résultats sont indiqués par les courbes de la figure 1, pour deux câbles de cette sorte n'ayant pas la même épaisseur de guipage. Le cos φ reste constant jusqu'aux tensions de 70 000 v par rapport à la terre. Pour ces deux câbles le gradient de potentiel à la surface du conducteur atteint sous la tension (composée) de 60 000. 13 300 et 8 500 v : mm

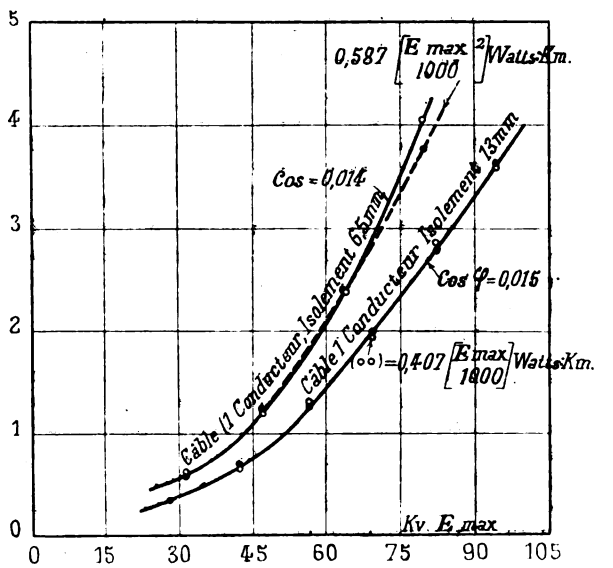


Fig. 1. — Pertes diélectriques de câbles à un conducteur (1909-1910). Température 20° C. V = 51.

(1) Rogstadter. *E. T. Z.*, 16 février 1922, t. XLIII, p. 205-208, 5 000 mots, 8 fig.

Digitized by Google

sans que la présence du point d'ionisation puisse être constatée.

Câble allemand a un conducteur (1920). — Ce câble (fig. 2) destiné à une transmission d'énergie triphasée à 50 000 v a été soumis à un essai pendant plus de 6 000 heures sans

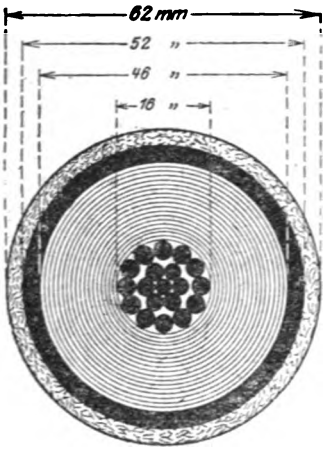


Fig. 2. — Câble allemand à un conducteur pour courant triphasé à 50 000 v (1920).

qu'aucun défaut se soit révélé. Les courbes du cos φ et des pertes diélectriques sont représentées par la figure 3. Il n'y

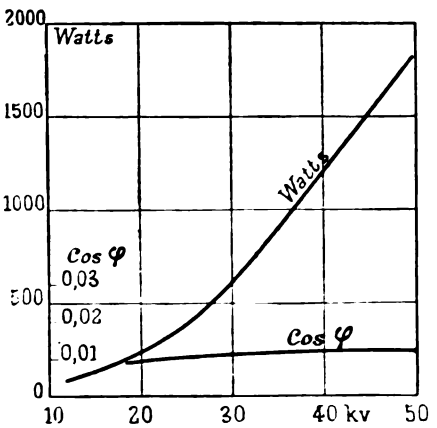


Fig. 3. — Pertes diélectriques et cos φ du câble représenté par la figure 2, sa capacité linéique étant 0,194 μ f : km.

a eu aucune trace de point d'ionisation. Pour cette même tension, Clark et Sharaklin ont préconisé un câble qui, pour limiter le gradient de potentiel à 1 950 v : mm, aurait un diamètre extérieur de 95 mm alors que celui du câble mentionné n'est que de 52 mm.

Câble hollandais a un conducteur (1919). — La figure 4 donne les courbes d'essai de ce câble en fonction de la température du cuivre et pour une tension (simple) de 30 000 v. Il est à remarquer que les pertes diélectriques passent par un minimum pour une température d'environ 50° C. Un point d'ionisation a été constaté correspondant à un gradient de potentiel maximum de 5 700 v : mm.

Ionisation locale. — Les résultats précédents semblent indiquer que la valeur limite de 1 950 v : mm peut être très largement dépassée sans inconvénients. Cette limite doit, cependant, rester plus basse que la valeur qui semblerait être indiquée par ces essais par suite des hétérogénéités locales provenant de la fabrication du câble et de ses variations de forme et des modifications chimiques de la matière isolante sous l'action prolongée de la tension et de la température au delà de certaines limites.

Malgré les soins apportés à leur fabrication, les câbles pré-

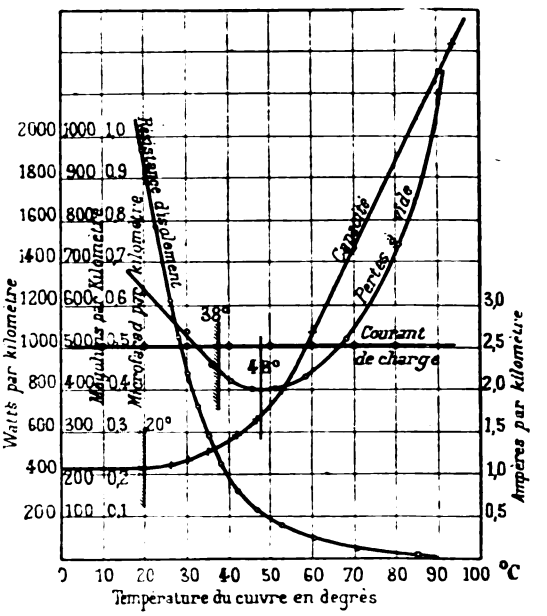


Fig. 4. — Câble hollandais à un conducteur, (1919). Section du cuivre, 95 mm²; épaisseur de l'isolant, 8,5 mm. Variations des propriétés diélectriques avec la température sous 30 000 v, 50 p : s.

sentent, en effet, pour la plupart, un certain nombre de « points chauds » facilement décelés au thermomètre. L'influence de ces « points chauds » sur la valeur globale des pertes diélectriques de l'ensemble du câble peut être négligeable, mais l'isolant y est exposé à un claquage probable au bout d'un temps plus ou moins long. Les perfectionnements dans la technique des câbles à haute tension doivent donc porter, d'une part, sur l'amélioration de la stabilité chimique des isolants et, d'autre part, sur la fabrication, de telle sorte que la couche active de l'isolant demeure, autant que possible, pratiquement homogène malgré les déformations provenant de la fabrication et de la pose. — A. R.

Au sujet des antennes radiotélégraphiques des aéronefs (1).

Les appareils radiotélégraphiques employés à bord des aéronefs ne diffèrent aucunement, au point de vue du fonctionnement, des appareils communément employés à terre et sur les navires. Ils n'en diffèrent que par les détails de construction, puisque les appareils d'avions doivent être beaucoup plus légers et moins encombrants. Par contre, il existe une différence très nette entre les antennes des aéronefs et les antennes des stations terrestres. L'antenne des aéronefs est constituée par un conducteur nu, flexible, géné-

(1) Algéri Marino. *Elettrotecnica*, 15 avril 1922, t. IX, p. 242-247, 9600 mots, 6 fig.

Digitized by Google

ralement en bronze phosphoreux avec âme en chanvre ; après avoir traversé l'ensemble émetteur ou récepteur, elle est reliée à une masse métallique (contrepoids) jouant le rôle de capacité. Cette dernière peut être constituée par un système de conducteurs convenablement disposés et isolés, ou par la masse totale de l'aéronef lui-même, toutes les parties métalliques étant reliées électriquement entre elles (câbles, moteurs, réservoirs, etc...) L'antenne est déroulée ou enroulée à l'aide d'un rouet en matière isolante ou même métallique, mais convenablement isolée de l'aéronef. Ainsi donc, sur les navires aériens, au lieu de mettre une extrémité de l'antenne à la terre, comme dans les stations terrestres et maritimes, on la relie au contrepoids ; mais, étant donnée la faible valeur de la capacité de celui-ci en comparaison de celle de la terre que l'on suppose conductrice, il est facile de comprendre que les caractéristiques de l'antenne des aéronefs doivent différer notablement de celles des stations terrestres et maritimes.

Considérons, tout d'abord, la forme que le conducteur flexible constituant l'antenne prend dans l'espace. On peut admettre que cette forme de l'antenne est une ligne légèrement courbe, avec sa concavité tournée vers la terre (fig. 1). Etant donné, cependant, son grand rayon de courbure, on peut confondre cette courbe avec une droite inclinée sur l'horizontale d'un angle α, dont la valeur, toutefois, est difficile à déterminer, puisqu'il dépend de nombreux éléments et en particulier de la longueur et du diamètre du conducteur déroulé, du poids que l'antenne porte à son extrémité libre, et de la vitesse de translation de l'aéronef. En négligeant, pour l'instant, cet angle d'inclinaison qui, ainsi que l'auteur le montrera par la suite, a une influence des plus importantes sur le champ électrique et magnétique dans l'espace autour de l'aéronef, on peut assimiler l'antenne d'un navire aérien à un oscillateur dyssymétrique constitué par un conducteur à constantes uniformément réparties et de capacité terminale concentrée de valeur C_0. On démontre facilement que la longueur d'onde propre λ de l'antenne, pour une longueur donnée h de conducteur déroulé, est d'autant plus grande que la capacité de contrepoids de l'aéronef est plus grande. Si nous désignons, en effet, par C la capacité du conducteur déroulé, par h sa longueur, et si nous posons

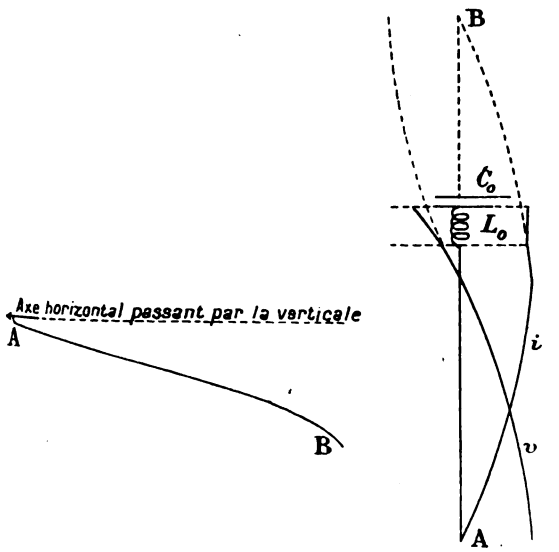


Fig. 1 et 2.

$\lambda_0 = 4\,h$, où λ_0 représente la longueur d'onde propre qui correspondrait au conducteur déroulé s'il était mis à la terre, on a

$$\operatorname{tg}\frac{\pi\lambda_0}{2\lambda} = -\frac{\pi}{2}\,\frac{\lambda_0}{\lambda}\,\frac{C_0}{C}.$$

On voit, en outre, que la longueur d'onde λ est toujours inférieure à λ_0, puisqu'elle ne serait égale à λ_0 que dans le cas où $\frac{C_0}{C}$ serait infiniment grand. La relation précédente n'est valable que dans le cas où l'antenne est excitée directement ; si, comme cela a lieu dans le cas général, l'excitation se fait par induction, il faut tenir compte de la self-induction concentrée qui est insérée entre le conducteur déroulé et la capacité du contrepoids ; dans ce cas, l'oscillateur équivalent serait constitué par un conducteur à constantes uniformément réparties connecté à une self-induction concentrée, celle ci, à son tour, étant reliée à la capacité du contre-poids (fig. 2).

En représentant par L_0 et C_0 les valeurs de la self-induction concentrée et de la capacité du contrepoids, par L et C la self-induction et la capacité du conducteur déroulé, la longueur d'onde propre λ de l'oscillateur équivalent est donnée par la relation

$$\operatorname{cotg}\frac{\pi\lambda_0}{2\lambda} = \frac{\pi}{2}\,\frac{\lambda_0}{\lambda}\,\frac{L_0}{L} - \frac{2}{\pi}\,\frac{\lambda}{\lambda_0}\,\frac{C}{C_0}.$$

L'auteur a construit un abaque donnant le système de droites

$$y_1 = -\frac{2}{\pi}\,\frac{\lambda}{\lambda_0}\,\frac{C}{C_0},$$

en portant les valeurs du rapport $\frac{\lambda}{\lambda_0}$ en abscisses et les y_1 en ordonnées, et en donnant au paramètre $\frac{C_0}{C}$ les valeurs que l'on recontre le plus souvent dans la pratique : de 1,5 à 0,5.

L'auteur a en outre construit sur cet abaque le système d'hyperboles équilatères

$$y_2 = \frac{\pi}{2}\,\frac{\lambda_0}{\lambda}\,\frac{L_0}{L},$$

en portant les valeurs du rapport $\frac{\lambda}{\lambda_0}$ en abscisses, celles de y_2 en ordonnées, et en donnant au paramètre $\frac{L_0}{L}$ les valeurs de 0,05 à 0,65.

Enfin il a construit la courbe

$$Y = \operatorname{cotg}\frac{\pi\lambda_0}{2\lambda},$$

en portant toujours les valeurs de $\frac{\lambda}{\lambda_0}$ en abscisses et celles de Y en ordonnées.

L'abaque ainsi obtenu permet de résoudre facilement les problèmes que l'on rencontre le plus souvent dans la radiotechnique aéronautique, parmi lesquels citons les suivants :

I. — Déroulant un conducteur de diamètre connu sur une longueur donnée h, on veut connaître la valeur de la longueur d'onde λ, connaissant la valeur de la capacité du contrepoids C_0 et la valeur de la self-induction concentrée L_0.

II. — Etant donné les valeurs de la capacité C_0 du contrepoids et de la sef-induction concentrée L_0 et voulant transmettre avec la longueur d'onde λ, déterminer la longueur h de conducteur de diamètre donné qu'il est nécessaire de dérouler.

Digitized by Google

III. — Etant donné la longueur et le diamètre du conducteur déroulé, la longueur d'onde λ étant connue ainsi que la valeur L_0 de la self-induction concentrée, donc aussi celle du rapport $\frac{L_0}{L}$, on veut connaître la capacité du contrepoids C_0 de l'aéronef.

IV. — Etant donné la valeur C_0 de la capacité du contrepoids d'un aéronef, on veut déterminer la valeur L_0 de la self-induction concentrée à insérer dans l'antenne, afin qu'en déroulant la longueur h de conducteur, on émette avec la longueur d'onde λ.

L'auteur expose comment l'on peut résoudre ces différents problèmes à l'aide de l'abaque.

La détermination de la capacité C_0 du contre-poids prend une importance particulière dans la technique aéronautique. On a essayé de la calculer au moyen de la formule de Howe, mais il importe de remarquer qu'en assimilant l'armature, généralement très complexe, d'un dirigeable ou d'un aéroplane, à des formes géométriques simples ou à des systèmes de fils, on n'obtient qu'une approximation des plus grossières. Il vaut donc mieux procéder expérimentalement.

Pour pouvoir déterminer C_0, il faut mesurer expérimentalement la longueur d'onde émise. Une telle mesure peut se faire en excitant l'antenne, soit au moyen d'oscillations amorties, soit au moyen d'oscillations entretenues, mais l'emploi d'ondes amorties ne permet pas de réaliser une grande précision. Elle peut se faire à bord, mais dans ce cas on rencontre des difficultés sérieuses, du fait des bruits et des vibrations mécaniques dus aux moteurs.

Pour la détermination de C_0, on peut enfin employer une méthode plus directe, en profitant d'une propriété importante que l'on vérifie sur l'abaque. La méthode est alors la suivante :

On déroule le conducteur sur une longueur h et l'on insère, entre le conducteur déroulé et la capacité de contrepoids, une self-induction variable. On excite le circuit d'antenne, en adoptant un couplage très lâche avec un circuit oscillant dont la période d'oscillation, préalablement mesurée très exactement, corresponde à la longueur d'onde $\lambda = 4h$; on fait alors varier la self-induction de l'antenne jusqu'à ce que l'on réalise l'accord avec le circuit d'excitation, ce que l'on peut facilement vérifier au moyen d'un ampèremètre thermique inséré dans l'antenne. Connaissant la valeur de la self-induction L_0 au moyen de laquelle on réalise l'accord, on en déduit la valeur de C_0 par l'équation

$$2\pi\sqrt{L_0 C_0} = 4h = \lambda_0 = \lambda.$$

La connaissance de la capacité C_0 pour les divers types d'aéronefs permet de déterminer le potentiel maximum au ventre de tension de l'antenne et le potentiel du contrepoids, si l'on connaît la puissance de l'appareil radiotélégraphique employé. Inversement, elle permet de déterminer la puissance des appareils à employer pour que le potentiel du contrepoids ne dépasse pas une valeur imposée à l'avance.

La méthode de détermination est des plus intéressantes pour les dirigeables, et l'auteur indique la marche à suivre dans ce cas.

Au moyen d'exemples, il montre que, même en n'utilisant que de faibles puissances, si le nombre d'étincelles par seconde est petit, on atteint facilement des potentiels dangereux. A ce point de vue, l'emploi des ondes entretenues est des plus avantageux, parce qu'il permet de mettre en jeu des puissances relativement grandes, sans que le potentiel maximum de l'antenne et du contrepoids atteigne des valeurs trop élevées.

A égalité de puissance mise en jeu, la diminution de la valeur de la capacité C_0 du contrepoids entraîne une augmentation notable du potentiel de ce dernier, de sorte que la valeur de l'énergie électrostatique $\frac{1}{2} C_0 V_0^2$ emmagasinée dans le contrepoids — énergie qu'il faudrait réduire au minimum à cause du rayonnement — augmente quand C_0 diminue, ce qui a pour conséquence de réduire l'énergie emmagasinée par le conducteur déroulé.

Jusqu'à présent, l'auteur a assimilé le système antenne-contrepoids d'un aéronef à un oscillateur dyssymétrique disposé selon une droite inclinée de l'angle α sur l'horizontale ; il n'a pas encore tenu compte de cet angle, qui n'avait d'ailleurs aucun effet sur les propriétés précédemment examinées. Cet angle a, par contre, une très grande influence sur les vecteurs champ électrique et champ magnétique, dans les diverses directions autour de l'aéronef, comme l'ont mis en évidence les études théoriques de Burotyn et les études expérimentales de Baldus, Buchwald et de Hase. C'est ce que montre l'auteur dans une étude intéressante de la question.

Pour terminer, l'auteur signale deux résultats des plus importants qu'il a eu l'occasion de constater dans une longue série d'expériences effectuées avec les ensembles radiotélégraphiques installés à bord des aéronefs.

Ces résultats expérimentaux sont les suivants :

Si l'on considère un ensemble radiotélégraphique installé à bord d'un navire aérien et le même ensemble installé à terre, à égalité de puissance mise en jeu et à égalité de longueur d'onde rayonnée, le courant dans l'antenne et la portée sont plus grandes à bord de l'aéronef qu'à terre, à condition toutefois que l'on considère pour l'aéronef la portée dans le sens de la marche.

Un ensemble radiotélégraphique installé sur un aéronef, à égalité de puissance mise en jeu et à égalité de longueur d'antenne déroulée, donne un courant dans l'antenne et, en général, une portée d'autant plus grande que la capacité du contrepoids est plus grande.

L'auteur donne quelques exemples de ces deux faits. L'explication du premier réside essentiellement dans la moindre valeur des résistances passives des antennes des aéronefs ; cela est facile à comprendre si l'on pense à la notable déperdition d'énergie à laquelle donne lieu la prise de terre dans les stations terrestres, tandis que sur les aéronefs la dissipation d'énergie par mise à la masse est absolument négligeable.

L'explication du second résultat doit être recherchée dans la propriété suivante déjà mise en évidence : à égalité de longueur du conducteur déroulé et de puissance mise en jeu, l'augmentation de la capacité du contrepoids entraîne une diminution du potentiel du contrepoids et de l'énergie emmagasinée par lui, énergie qu'il importe d'ailleurs de réduire au minimum ; en même temps l'énergie emmagasinée pour le conducteur déroulé, qui est de l'énergie utile, se trouve augmentée. — G. M.

Facteurs à considérer pour l'établissement des enseignes lumineuses électriques (1).

L'efficacité d'une enseigne lumineuse dépend de trois points essentiels : il y a d'abord son pouvoir d'attirer l'attention (pouvoir attractif), vient ensuite la possibilité de distinguer les différents signes qui la composent (lisibilité), enfin le pouvoir d'en conserver le souvenir dans l'esprit du passant jusqu'au moment où celui-ci pourra en faire usage.

(1) C.-A. Atherton *Transaction of the Illuminating Engineering Society*, 20 novembre 1921, t. XVI, p. 397-418, 13 fig.

Digitized by Google

Ce dernier point, qui est en quelque sorte la valeur commerciale de l'enseigne, sort du cadre de cet article.

La lisibilité est considérée en premier lieu : elle dépend, en dehors de l'acuité visuelle de l'observateur, de la puissance de séparation de l'œil pour les différentes lettres et les différentes parties d'une même lettre. Il faudra employer des lettres aussi simples que possible et des traits lumineux pas trop épais. Mais la largeur apparente de ces traits varie avec les conditions; elle augmente, et le signe devient plus difficile à distinguer, avec l'intensité lumineuse des sources employées et avec le rapprochement de celles-ci. Au contraire, la netteté devient plus grande lorsque l'observateur se rapproche de l'enseigne, et, pour une même lettre, lorsque l'éclat des lettres voisines ou même l'éclairage total environnant deviennent plus intenses. Cette apparence est d'ailleurs modifiée par l'état de l'atmosphère et n'est pas la même pour toutes les couleurs.

Une lettre ou un signe cessent d'être lisibles, pour un observateur qui s'éloigne, à la distance pour laquelle l'angle formé par les deux droites qui vont de son œil à deux parties différentes de la lettre devient si petit que l'œil ne peut plus les distinguer et que l'espace qui les sépare paraît uniforme. Un angle d'une minute est généralement adopté par les techniciens pour cette valeur minimum. La figure 1

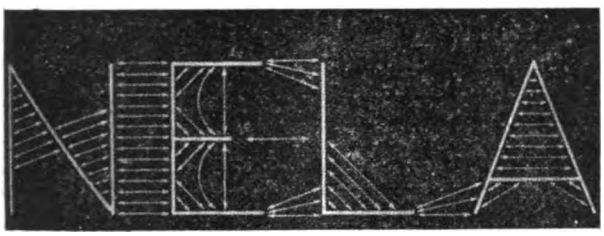


Fig. 1. — Différents points d'un motif lumineux où la lumière paraît se continuer lorsque l'observateur s'éloigne.

montre sur un exemple les espaces qui, entre les différents traits lumineux de plusieurs lettres, sont les premiers à paraître se remplir lorsque la vision se brouille, l'observateur s'éloignant; on les a représentés par de petites flèches. Il est évident que l'angle qui est à considérer ne sous-tend pas toujours la hauteur totale de la lettre : cela arrive pour l'I et l'L, c'est seulement 1/2 de cette hauteur pour E, 1/3 pour N etc. Il y a également à considérer une dimension critique pour les mots entiers et pour plusieurs mots dans le cas d'une phrase; en général, elle est comprise entre la plus grande et la plus petite des dimensions critiques des

Fig. 2 — L'apparence du motif équipé avec lampes de 10 bougies à raison de 6 ampoules pour la hauteur totale, l'observateur étant à 200 m.

lettres qui les composent, suivant qu'il est nécessaire de connaître plus ou moins de lettres pour deviner les suivantes, c'est-à-dire que le mot est plus ou moins familier à l'observateur.

L'épaisseur des traits a une très grosse importance, c'est généralement une très grande erreur que de les constituer par plusieurs rangées parallèles de lampes; même avec une seule rangée, l'épaisseur est loin d'être négligeable et il est prouvé que l'on obtient une lisibilité plus faible que celle prévue lorsqu'on établit la répartition des lampes en rapportant leur distance au centre des ampoules, c'est-à-dire en ne tenant pas compte de l'épaisseur réelle du trait lumineux.

Le modèle de la figure 1, équipé avec des lampes de 10 bougies prend, à 200 m, l'apparence de la figure 2; la dimension critique devient alors à peu près la moitié de ce qu'elle était pour la figure 1; la lisibilité est limitée à 500 m, elle est alors seulement les 40 centièmes du maximum théorique. D'ailleurs, à partir de 300 m, elle diminue rapidement; à 400 m, il est vraiment difficile de lire, l'aspect étant celui de la figure 3.

La variation de la puissance lumineuse des lampes produit les mêmes résultats : le même motif, alimenté par des ampoules de 75 bougies au lieu de 10, donne, à 200 m, l'im-

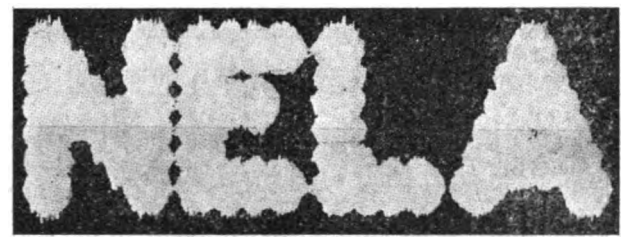


Fig. 3 — Le même signe vu à la même distance, mais équipé avec des lampes de 75 bougies ou bien vu à 400 m lorsqu'il est équipé avec des lampes de 10 bougies.

pression d'une lecture aussi difficile qu'à 400 m dans le cas précédent; la lisibilité à cette distance n'est plus que 20 pour 100 du maximum théorique. L'augmentation d'éclairement est donc, dans ces conditions, un réel inconvénient. Des effets analogues s'observent pour la tache lumineuse produite par une seule lampe; elle s'étale à mesure que croissent l'éclat de la source, l'intensité d'éclairement, et la distance d'observation.

Les auteurs donnent une description détaillée des essais qui ont été exécutés successivement sur une seule source, puis, sur des signes lumineux complets; nous en signalons les points principaux :

1er essai. Une série de lampes étaient placées à distance variable sur un endroit découvert et on faisait varier leur intensité lumineuse pendant qu'un observateur, placé à distance fixe, signalait le moment où les taches commençaient à empiéter les unes sur les autres. Une courbe traduit ces résultats : on en déduit pour une distance donnée, la distance minimum à conserver entre des sources d'une intensité déterminée.

2e essai. Une seule lampe était utilisée; on la comparait à un disque dépoli lumineux agencé de telle façon qu'on puisse l'amener à être vu clairement et distinctement dans toutes les conditions de l'essai; l'observateur se déplaçait et l'on mesurait la distance pour laquelle la tache paraissait avoir la même grandeur que le disque. La courbe des résultats est une droite; elle indique que la distance varie en sens inverse de la puissance lumineuse de la source.

3e essai. Dans l'essai précédent il est probable que les résultats sont légèrement faussés parce que le disque n'étant pas toujours absolument éclairé de la même façon, son diamètre apparent doit varier. Dans cette nouvelle série, on a conservé la même source et on a opéré avec des disques de diamètres différents; une nouvelle courbe a ainsi été relevée.

4e essai. On a envisagé ensuite une tache lumineuse de grande dimension formée par la réunion de neuf lampes disposées suivant les sommets, le centre et les milieux des

Digitized by Google

côtés d'un carré ; une série de petites lampes, placées en ligne droite, à 30 centimètres les unes des autres, servait à mesurer la largeur apparente de la tache : l'ensemble étant observé à grande distance jusqu'à 1800 m), cette largeur était indiquée par le nombre de petites lampes éclipsées par la tache.

5° essai. On a appliqué un procédé de comparaison analogue pour une seule lampe : une ligne lumineuse formée de petites lampes très rapprochées étant fixe, on plaçait au-dessus, à distance variable, la source étudiée jusqu'à ce que la tache lumineuse paraisse tangente à la ligne. On put ainsi relever des courbes donnant le diamètre en fonction de la puissante lumineuse.

6° essai. On observait de loin un mot dont une seule lettre était éclairée, cela constituait une simple tache uniforme ; on allumait alors les deux lettres voisines, les signes devenaient vaguement discernables ; on allumait une quatrième lettre, celles du milieu devenaient alors distinctes, tandis que les extrêmes ne l'étaient point.

7° essai. L'effet précédent est encore mieux mis en évidence : la lettre N entourée d'un cercle lumineux de lampes était très lisible, tandis que, éclairée seule elle était presque indiscernable (fig 4).

On a une plus exacte conception de la variation de gran-

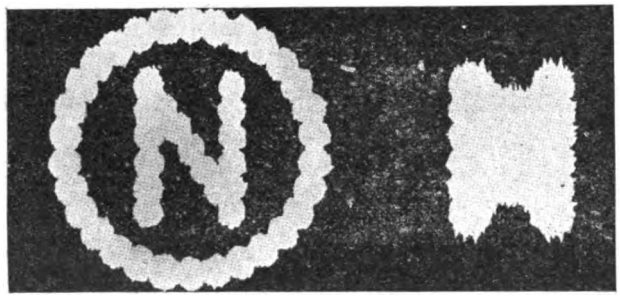


Fig. 4. — Effet de l'éclairage environnant sur la lisibilité d'un signe : la lettre N entourée d'un cercle d'ampoules, observée à la même distance, lorsque ces lampes sont ou ne sont pas éclairées.

deur de la tache lumineuse en remplaçant sa dimension apparente par l'angle formé par les rayons visuels aboutissant aux bords extrêmes de cette tache. La figure 5 reproduit deux familles de courbes indiquant les résultats généraux obtenus dans ces essais ; l'une se rapporte aux dimensions apparentes, l'autre aux angles. Il est à remarquer que cet angle apparent décroit moins vite, avec la distance, que l'angle sous-tendant la hauteur réelle des lettres.

Les essais signalés jusqu'ici se rapportent uniquement à des observations faites perpendiculairement au plan des lettres lumineuses ; on a cherché à déterminer les distances correspondant, sous divers angles, à la limite de lisibilité d'une même source et on a trouvé que les points se rapportant à ces distances étaient très exactement répartis suivant un cercle, résultat que l'on pouvait facilement prévoir à priori. La surface pour laquelle l'enseigne est efficace peut donc être déterminée facilement et avec exactitude.

Cependant, la distance maximum de lisibilité n'est pas la seule caractéristique que l'on doive considérer dans une pareille étude ; il faut que la distance totale pour laquelle l'enseigne est visible soit grande et il ne faut pas que l'on ait trop d'efforts à faire pour lire. Cette nouvelle sorte de lisibilité, que nous appellerons « facilité de lecture » afin de la distinguer de la précédente, dépend de deux facteurs principaux qui, eux, ont très peu d'influence sur la distance maximum de visibilité. Ce sont l'existence de la gouttière formant réflecteur et l'aspect général présenté par l'ensemble

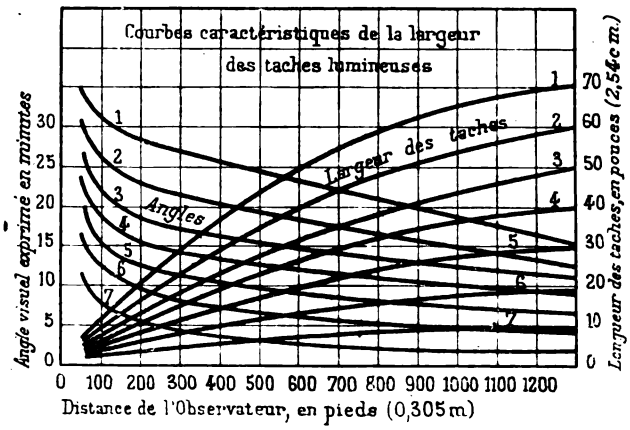


Fig. 5. — Relation entre la largeur des taches lumineuses (ou l'angle visuel leur correspondant) et la distance d'observation.

des lampes et du support qui les maintient. Les lettres transparentes dépolies sont principalement utilisées pour les motifs lumineux petits, peu élevés, placés au milieu d'autres objets et observés à petite distance ; elles sont alors de meilleur rendement que les signes clairs. La présence d'une gouttière réfléchissante a pour résultat de diminuer la portée de l'enseigne mais d'augmenter l'uniformité, cet effet ne se fait sentir que jusqu'à la distance pour laquelle la largeur apparente des traits lumineux est égale à celle du réflecteur, au delà, la seule différence remarquée est que le premier éclairage est plus scintillant. Pour les motifs de grandes dimensions également, le réflecteur n'est pas non plus avantageux, car la ligne de lumière réfléchie est beaucoup moins intense que la ligne formée par les lampes elles-mêmes. Ici se place une remarque qui est importante car le fait s'observe sur un grand nombre d'enseignes des grandes villes : la gouttière augmentant l'uniformité, on est tenté de l'utiliser afin de diminuer (en général jusqu'à 3) le nombre de lampes nécessaires pour l'obtention, dans la formation des lettres, d'un trait d'apparence continue ; le résultat est que, dès que cette gouttière n'est plus soigneusement entretenue, tout se passe comme si le trait correspondait à un nombre de lampes beaucoup plus grand, dont toutes, sauf trois, seraient éteintes.

On obtient un bon résultat en employant la couleur blanche pour la face des lettres, il se produit une légère augmentation de l'intensité lumineuse, une meilleure répartition, mais surtout une délimitation plus nette entre les espaces éclairés et obscurs.

On a vu que le maximum de distance nécessitait un éclat et une puissance lumineuse relativement faibles de la source ; par contre, le pouvoir attractif et la valeur commerciale de l'enseigne demandent leur augmentation ; en pratique il faudra donc garder un juste milieu entre ces deux choses qui ont chacune leur importance, en remarquant toutefois que le pouvoir attractif est toujours à considérer, tandis que les conditions de lisibilité sont souvent remplies d'elles-mêmes (à faible distance par exemple) ou sont superflues.

L'article se termine par un tableau synoptique indiquant les différences relevées dans des observations faites à distance variable, avec les diverses lampes électriques actuellement utilisées. — B. E.

Digitized by Google

SECTION ÉCONOMIQUE & FINANCIÈRE

Assemblées générales

Est-Lumière
(Compagnie d'Electricité de l'Est parisien).

ASSEMBLÉE GÉNÉRALE EXTRAORDINAIRE DU 1er JUILLET 1922.

Dans sa réunion du 4 avril 1922, l'assemblée générale extraordinaire a notamment décidé que le capital de la société pourrait être augmenté, en une ou plusieurs fois, en totalité ou en partie, de 10 000 000 fr au moyen de l'émission de 100 000 actions nouvelles, dites de priorité, au capital nominal de 100 fr chacune, et elle a laissé au Conseil le soin de déterminer l'époque où les époques et le montant de l'émission ou des émissions successives.

En vertu des autorisations qui lui avaient été ainsi données, le Conseil a décidé, dans sa séance du même jour, de procéder à la réalisation totale de l'augmentation de capital de 10 000 000 fr autorisée.

Les actions nouvelles de priorité ont été émises au pair de 100 fr payables un quart au moment de la souscription et les trois autres quarts aux époques et dans les proportions qui seront déterminées ultérieurement par le Conseil d'administration.

Conformément à l'article 6 des statuts, un droit de préférence, à titre irréductible, à la soucription de la moitié des actions nouvelles de priorité a été réservé aux propriétaires des 400 titres créés en représentation du droit de préférence attribué aux souscripteurs des 20 000 actions composant le capital originaire, à raison de 125 actions nouvelles pour un titre de droit de préférence.

De même, un droit de préférence à titre irréductible à la souscription de l'autre moitié des actions à émettre a été réservé aux propriétaires des actions existant au moment de l'émission, à raison de une action nouvelle pour deux actions anciennes.

Les 100 000 actions nouvelles de priorité ont été entièrement souscrites et la somme de deux millions cinq cent mille francs, représentant le montant du premier quart a été versée dans les caisses des établissements de crédit et maisons de banque chargés d'effectuer les opérations relatives à la souscription de cette augmentation de capital.

Les actionnaires ont été convoqués en assemblée extraordinaire pour constater et vérifier cette augmentation.

Les résolutions suivantes ont été votées :

Première résolution. — L'assemblée générale, après vérification, reconnait sincère et véritable la déclaration faite au nom du Conseil d'administration de la société anonyme dite « Est-Lumière » (Compagnie d'Électricité de l'Est parisien), suivant acte reçu par Me Grange, notaire à Paris, le 14 juin 1922, relativement à la souscription des 100 000 actions nouvelles dites de priorité, au capital nominal de 100 fr chacune, représentant l'augmentation de capital de 10 000 000 fr décidée par délibération du Conseil d'administration en date du 4 avril 1922, en vertu des autorisations qui lui avaient été données par l'assemblée générale extraordinaire du même jour et au versement en espèces du premier quart effectué sur le montant de chacune de ces actions.

Et elle constate, en conséquence, que cette augmentation de capital est définitivement réalisée et que le capital social est porté à vingt millions de francs.

Deuxième résolution. — L'assemblée générale constate que, par suite, tant de la réalisation de l'augmentation de capital faisant l'objet de la première résolution ci-dessus, que de la deuxième résolution votée par l'assemblée générale extraordinaire du 4 avril 1922, l'article 6 des statuts se trouve modifié de plein droit et sera désormais rédigé ainsi qu'il suit :

« ART. 6 (nouveau texte). — Le capital social est fixé à la somme de vingt millions de francs, divisé en 200 000 actions de 100 fr chacune, toutes souscrites en numéraire et comprenant :

» 100 000 actions ordinaires représentant les 20 000 actions composant le capital originaire de 2 000 000 fr et les 80 000 actions émises aux termes de quatre augmentations de capital de 2 000 000 fr chacune, réalisées les 8 février 1902, 31 juillet 1905, 23 juin 1909 et 30 juillet 1913;

» 2° Et 100 000 actions de priorité représentant l'augmentation de capital de 10 000 000 fr réalisée le 1er juillet 1922.

» Le capital social pourra être augmenté suivant les prévisions de l'article 43 ci-après.

» Et dans toute augmentation de capital par la création d'actions à souscrire en espèces, etc... (le surplus de l'article maintenu sans changement). »

Troisième résolution. — L'assemblée générale constate que par suite de la réalisation de l'augmentation de capital faisant l'objet de la première résolution ci-dessus, les modifications apportées sous la condition suspensive de cette réalisation par l'assemblée générale extraordinaire du 4 avril 1922 aux articles 6 (8e alinéa), 16, 27, 31, 35, 41, 43 et 45 des statuts sont devenues définitives, et qu'en conséquence lesdits articles seront désormais modifiés et rédigés dans les termes adoptés par la troisième résolution de ladite assemblée générale extraordinaire du 4 avril 1922.

Est-Electrique.

ASSEMBLÉE GÉNÉRALE ORDINAIRE DU 29 JUIN 1922.

Dans son rapport de l'année dernière, le Conseil a déjà fait connaître qu'en vertu d'une convention passée entre l'État et la société, les installations ont été placées sous le régime des installations provisoires et ont été exploitées sous le régime de la régie intéressée pendant les neuf premiers mois de l'exercice.

La régie a cessé le 1er octobre 1921 et la société a repris à cette date l'exploitation normale de toutes ses installations.

Tout en s'efforçant, au cours de la période précitée, d'assurer dans les meilleures conditions l'alimentation de sa clientèle en énergie électrique, elle a poursuivi avec ténacité la remise en état des installations endommagées par

Digitized by Google

l'ennemi, et l'achèvement des travaux en cours lors de la déclaration de la guerre.

Ceux-ci comprenaient essentiellement pour la centrale, une chaufferie de 80000 kg de vapeur à l'heure et un turbo-alternateur de 8000 kw avec tous les services accessoires correspondants. La mise en service régulière de tout ce matériel a été faite progressivement.

Les groupes turbos de 2000 et 4000 kw, dont on avait signalé les graves avaries, ont été complètement rebobinés et fonctionnent depuis d'une manière satisfaisante.

La compagnie poursuit parallèlement la réfection des réseaux et des canalisations.

La compagnie desservait, le 31 décembre 1921, 67 communes contre 62 pendant l'exercice précédent et 37 en 1913. Elle a acquis neuf nouvelles concessions non encore en service et 23 demandes de concession sont à l'enquête.

Le nombre total des abonnés desservis s'élevait, au 31 décembre 1921, à 6044; il est en diminution de 264 sur le nombre correspondant de l'exercice précédent; mais il convient de noter que ce dernier tenait compte de la distribution d'éclairage de Charleville, alimentée provisoirement par elle, qu'elle a rétrocédée à la Compagnie française d'Éclairage et Chauffage par le Gaz dès l'achèvement de son réseau.

La longueur des lignes primaires à 5000 et 15000 v, en service à la fin de l'exercice était de 316 km en augmentation de 46 km, et celle des lignes secondaires de 147 km.

A la même date, le nombre de postes de transformation branchés sur le réseau était de 174 pour une puissance de 11600 kv-a.

Les conditions particulières de l'exploitation et notamment le régime de la régie pendant la plus grande partie de l'exercice, ne permettent pas de dresser le compte d'exploitation habituel.

Le Conseil soumet en conséquence uniquement un compte de profits et pertes qui se présente avec un solde créditeur de 1022545,95 fr qui est affecté à la déduction des pertes des exercices antérieurs.

Le solde du compte de profits et pertes comprend :

Perte provisoire de l'exercice de guerre, 1745977,93 fr.

Perte provisoire de l'exercice 1919, 435513,94 fr.

Perte provisoire de l'exercice 1920, 405967,68 fr, soit un total de 2590059,55 fr dont il y a lieu de déduire les profits et pertes reportés, 63247,94 fr et les profits et pertes de l'exercice, 1022545,95 fr.

En ce qui concerne les dommages de guerre, l'expert de l'État chargé de l'examen du dossier a établi un rapport dont certaines conclusions ont paru contestables à la compagnie. Elle aura à défendre son point de vue devant la commission de préconciliation et devant la juridiction chargée de déterminer le montant des dommages.

La perte éventuelle au change a été comptabilisée en tenant compte des cours au 31 décembre 1921; elle est évaluée à 6145395 fr.

Le Groupement des Compagnies d'Energie électrique et d'Eclairage du Nord et de l'Est, à la fondation duquel la compagnie a contribué, a été en mesure, dans le premier mois de cette année, d'émettre un emprunt de 82500000 fr.

Conformément aux pouvoirs qui lui ont été donnés dans l'assemblée extraordinaire du 4 octobre 1921, le Conseil a délégué à ce Groupement les annuités qui lui ont été délivrées par l'État et a participé au produit de l'emprunt en fonction des annuités déléguées et obtenu, depuis la clôture de l'exercice, la délivrance des sommes lui revenant sur le produit net de l'émission.

Les comptes de profits et pertes des services antérieurs avaient été débités du montant des obligations qui auraient dû être amorties au cours des exercices considérés, et il avait été créé au passif un poste « réserve par remboursement des obligations ».

Le tirage au sort de ces obligations n'ayant pas été effectué jusqu'ici, et un accord devant évidemment intervenir avec les obligataires au sujet de ces remboursements différés, le Conseil a estimé préférable de rétablir la situation telle qu'elle est réellement. Le poste de « réserve par remboursement des obligations » est supprimé et on reporte à leurs valeurs initiales le poste de l'actif « prime de remboursement des obligations » et le poste du passif « obligations 4,5 pour 100 ».

BILAN AU 31 DÉCEMBRE 1921.

Actif.

		fr
Apports		175 000 »
Frais de constitution et d'augmentation de capital		1 »
Frais d'émission des obligations		1 »
Prime de remboursement des obligations		200 000 »
Dépenses générales de premier établissement (terrains, usines, sous-stations, lignes, réseaux, etc.)		10 447 225,74
Dépenses et travaux de reconstitution		7 166 246,75
Mobilier et outillage		56 673,69
Compteur et matériel en location		194 743,22
Approvisionnements		1 981 315,98
Titres en portefeuille		41 000 »
Caisse et banques		742 107,32
Abonnés et débiteurs divers		1 327 344,10
Cautionnements		200 »
Impôts à recouvrer		4 727,89
Solde du compte de profits et pertes :		
Perte provisoire de l'exercice de guerre	1 748 577,93	
Perte de l'exercice 1919	435 513,94	
Perte de l'exercice 1920	405 967,68	
	2 590 059,55	
A déduire :		
Profits et pertes reportés	63 247,04	
Résultats de l'exercice	1 022 545,95	
	1 085 792,99	
		1 504 266,56
Comptes d'ordre :		
Perte provisoire due au change au 31 décembre 1921		6 145 395,60
Dommages de guerre à récupérer. Montant du dommages de guerre déposé		17 721 147,15
		47 707 375,90

Passif.

	fr
Capital	3 000 000 »
Obligations 4,5 pour 100 :	
3772 obligations	1 886 000 »
228 obligations à amortir (tirages non faits)	114 000 »
Réserve légale	5 205,30
Avances sur dommages de guerre	7 301 145,55
Fournisseurs	3 204 725,04
Créanciers divers	5 889 568,30
Actions : coupons à payer	888 »
Obligations : coupons arriérés	698 647,50
Cautionnements des abonnés	549 992,95
Comptes d'ordre :	
Dommages de guerre	17 721 147,15
Créance provisoire due au change	6 145 395,60
Compte d'ordre spécial	1 190 660,51
	47 707 375,90

Digitized by Google

SECTION DE LÉGISLATION

Le privilège du Trésor et les bénéfices de guerre. Déclaration

(Loi nouvelle du 10 août 1922)

L'auteur donne dans les lignes qui vont suivre des explications détaillées dans le but de servir de guide pour les nouvelles déclarations à faire, en conformité des injonctions données récemment aux assujettis aux contributions des bénéfices de guerre.

Un parlementaire, et non des moindres, a dit que la nouvelle loi sur le privilège du Trésor, parue dans le « Journal officiel » du 11 août 1922 (1), et relative aux immeubles que possède l'assujetti aux contributions dites des bénéfices de guerre, avait pour but de *rassurer* le contribuable. Ce terme apparaît bien comme un paradoxe, au premier abord, puisque la loi précitée, dans son article 10, commence par prévoir une *sanction pénale d'un emprisonnement de trois mois à deux ans* et d'une amende de 500 à 20 000 fr. contre quiconque omettrait de faire (dans le délai de quinze jours à compter d'une lettre envoyée par le percepteur) une déclaration donnant le détail des immeubles, fonds de commerce, navires ou bateaux, possédés par lui aujourd'hui même, ou sortis de son patrimoine depuis le 30 juin 1920.

Cela explique, pour quels motifs, dès le jour de la promulgation de la nouvelle loi, les demandes d'explications se sont multipliées, plusieurs contenant cette rubrique navrée, mais non résignée : « Je n'y comprends rien! »

Il est cependant facile de saisir le nouveau texte, mais à une seule condition : c'est de chercher à se rendre compte du danger que les propriétaires d'immeubles ont pu courir, ou faire courir à leurs contractants, du chef du privilège du Trésor, en raison de la loi sur les bénéfices de guerre..... Et alors la loi nouvelle apparaît évidemment comme un texte rassurant.

I. **Observations générales sur les privilèges et notamment celui du Trésor.** — Avoir la situation de créancier « privilégié » sur un bien appartenant à un « débiteur », c'est avoir le droit de se faire payer, de préférence à d'autres créanciers, sur le prix provenant de la réalisation de ce bien.

Le Code civil a créé plusieurs groupes de privilèges, le premier porte sur *tous* les meubles du débiteur, et, pour cela, est appelé le groupe des *privilèges généraux* : il comprend ceux qui sont destinés à assurer le paiement des créances indispensables : frais de justice, de dernière maladie, de funérailles, salaire des gens de service, etc. Au moment du règlement, chaque créance se présente à son tour, dans l'ordre déterminé par l'article 2101 du Code civil. Un autre groupe, qui ne sort pas des meubles, est un peu différent : il englobe des privilèges déterminés par l'article 2 102, qui donnent à *certaines* créances le droit de se faire payer sur *certains* meubles ; ainsi le propriétaire non payé de ses loyers, possède un privilège sur les meubles garnissant les locaux occupés par son locataire ; le créancier qui possède un nantissement sur une valeur mobilière, déposée par exemple chez le banquier de son débiteur, est le premier à produire sa créance sur la réalisation de cette valeur, etc.

Général ou spécial, le privilège établi sur les meubles présente cette double particularité : s'il donne aux créanciers le droit incontestable de se faire régler à leur rang sur la somme provenant du meuble considéré, il ne les autorise pas à rechercher celui-ci dès qu'il est sorti du patrimoine du débiteur, et acquis par un tiers de bonne foi ; il est, en un mot, démuni du droit de suite (*Rev. de Maguéro*, juillet 1922, n° 990) ; d'autre part, il n'est astreint pour sa conservation à aucune publicité, ce qui se comprend puisque la publicité n'est nécessaire que pour conserver un droit de suite.

A côté de ces deux privilèges, le Code civil en a créé un autre (troisième et dernier) : celui qui porte sur les immeubles (art. 2 103) ; il est beaucoup plus important que les précédents et s'en distingue par de nombreux traits caractéristiques : d'abord (que l'on excuse cette constatation évidente jusqu'à la banalité), il ne frappe que les immeubles ; il n'est jamais général, mais il est *toujours spécial*, en ce sens qu'il ne garantit que *certaines* créances déterminées, et sur certains immeubles également *déterminés* par l'article 2103 : il donne le « droit de suite » au créancier quelles que soient les mains étrangères qui reçoivent ou se transmettent le bien grevé. Aussi, doit-il être conservé par une inscription sur le registre des hypothèques, pour que les tiers appelés à le détenir soient toujours avertis ; enfin, quand l'un des détenteurs successifs veut avoir la certitude d'échapper à tout droit antérieur au sien, il met

(1) Voir plus loin, p. 334, le texte de cette loi.

Digitized by Google

en œuvre la procédure dite de la « purge »; elle consiste à offrir au créancier privilégié le prix que l'on entend donner de l'immeuble: si ce prix n'atteint pas le montant de la créance privilégiée, il peut être refusé par le créancier qui doit alors faire mettre l'immeuble aux enchères à une mise à prix égale à la somme offerte, plus un dixième.

Tel est en résumé tout le système des privilèges.

Le Trésor public se devait à lui-même de se classer parmi les créanciers privilégiés : c'est ce qui a été fait par la loi du 12 novembre 1808, qui lui a attribué un privilège frappant tous les meubles, par conséquent ressemblant beaucoup au privilège général de l'article 2101 expliqué ci-dessus, mais avec cette particularité: si le Trésor public apprend qu'un meuble est sorti des mains de son débiteur, il a le droit de le suivre dans toutes celles où il passe : cela résulte du texte de la loi du 12 novembre 1808 ainsi conçu : « le privilège du Trésor public est réglé ainsi qu'il suit et s'exerce avant tout autre..... pour l'année échue et l'année courante, de toutes les contributions, *sur tous les meubles et autres effets appartenant aux redevables, en quelque lieu qu'ils se trouvent.* »

Disons de suite qu'en pratique, pendant la période plus que séculaire durant laquelle cette loi est restée inchangée, elle n'a gêné aucune transaction : on en comprendra aisément les motifs. D'abord, étant donnée la rigueur avec laquelle le Trésor tient ses comptes à jour, il ne lui est jamais dû de grosses sommes; il n'est d'ailleurs privilégié que pour les contributions de l'année échue et de l'année courante. De plus, d'après la Cour de Cassation (arrêt du 17 août 1847, cité dans le Code Rivière sous l'article 2101), il n'y a pas lieu de permettre le droit de suite, à l'encontre d'un *acquéreur* de bonne foi et, enfin, répétons (tant la constatation est d'importance) que le privilège créé pour le Trésor dans la loi du 12 novembre 1808, ne touche que les meubles et reste étranger à la question immobilière qui est de beaucoup la plus importante.

II. **Bouleversement créé par l'article 20 de la loi du 25 juin 1920.** — Ceci étant dit, on reste confondu de l'effroyable légèreté avec laquelle le législateur du 25 juin 1920 a écrit dans l'article 20 de sa loi, cette simple petite phrase qui fait écrouler, en ce qui concerne le recouvrement de l'impôt sur les bénéfices de guerre, tout le système connu, pour jeter dans les transactions immobilières un affolement dont il est aisé de se faire une idée. Prenez le paragraphe deuxième de l'article 20, et vous y lirez : « Pour ladite contribution (celle des bénéfices de guerre) le privilège du *Trésor* s'exerce pendant *quinze ans* sur *tous les biens* du contribuable. »

Sur tous les biens! c'est-à-dire sur les *immeubles*.

Le privilège du Trésor! c'est-à-dire le privilège général que nous avons défini, passant avant tous les autres, et étant exempt de l'inscription et de la publicité légales, puisqu'il n'en a jamais été imposé, et parce que, d'ailleurs, il n'y avait pas à en être imposé autrefois, le privilège ne portant à ce moment que sur les meubles! C'est, en un mot, le privilège occulte, sans trop de gravité, quand il ne grève que des valeurs mobilières, qui se trouve transporté dans la matière immobilière, où la publicité et l'inscription constituent un principe rigoureux.

Aussi l'Administration du Crédit foncier a-t-elle rapidement démontré qu'une législation pareille supprimait d'un trait de plume la garantie qui s'attache aux hypothèques. Supposons qu'une personne taxable à l'impôt des bénéfices de guerre, vende un immeuble; l'acquéreur le paie, le reçoit; et, voulant l'améliorer, emprunte avec garantie hypothécaire. Le Trésor public, qui aura une créance occulte, puisque l'acquéreur ne pouvait se renseigner, et qu'aucune inscription ne la révélait, pourra venir exercer son recours sur l'immeuble, et cela sera vrai pendant quinze ans! Voilà bien l'encouragement que le législateur sait donner à la reprise des affaires. Et si, pour se délivrer de tout cauchemard, l'acquéreur veut « purger », il ne peut, car aucune purge n'a été prévue dans notre législation pour ce privilège occulte, et incompatible avec toute publicité, puisque l'Administration est tenue au secret.

III. **Rectification par la loi du 10 août 1922 des erreurs commises.** — Quelles mesures devait-on prendre pour calmer les inquiétudes? La loi nouvelle les expose, et peut se diviser en quatre parties.

A. La *première partie* est relative aux mesures immédiates, et voici les principales, avec l'indication du but qu'elles doivent atteindre.

1° Il fallait d'abord affirmer que toutes les opérations faites antérieurement à la loi du 25 juin 1920 seraient exemptes de tout recours. C'est ce qui a été fait, la loi du 10 août 1922 déclarant dans son article premier, de la façon la plus formelle, que le privilège *ne* pourra s'exercer *qu'à* l'égard des tiers ayant acquis des droits *postérieurement* à la mise en vigueur de la loi du 25 juin 1920. Du reste, le rapporteur au Sénat, M. Henry Bérenger (*Documents parlementaires, Sénat*, annexe n° 458, p. 511, 2e colonne), dit expressément : « En conformité du principe posé dans l'article 2098 du Code civil, tous les privilèges, hypothèques et autres droits réels acquis par les tiers sur les immeubles des contribuables et régulièrement conservés par une inscription *antérieurement* à la loi du 25 juin 1920, *seront opposables* au fisc.

2° Les opérations faites par les tiers, postérieurement à la mise en vigueur de la loi du 25 juin 1920, ont en principe à tenir compte du privilège du Trésor, à la condition que l'Administration fasse inscrire son privilège dans les conditions qui vont être déterminées; mais, cependant, (et cela est important, pour les ventes immobilières qui auraient été consenties entre le 25 juin 1920 jusqu'à la loi nouvelle), l'acquéreur *de bonne foi* qui aura payé son prix et le vendeur *de bonne foi* qui l'aura reçu ne sont pas recherchés (article 19 de la loi nouvelle).

Digitized by Google

3° Le privilège du Trésor ne s'exercera que si l'Administration a pris l'inscription dans les conditions indiquées par la nouvelle loi, sur les biens qui sont susceptibles de recevoir une inscription, c'est-à-dire les immeubles, les fonds de commerce (loi du 17 mars 1909) les navires (articles 190 et suivants du Code de Commerce, et les bâtiments de navigation intérieure jaugeant plus de 20 tonnes (loi du 5 juillet 1917).

4° Pour prendre cette inscription, le Trésor aura un délai de trois mois à compter de la présente loi; aussi pour que cette inscription puisse être prise utilement, le percepteur devra envoyer immédiatement à chaque assujetti une lettre l'invitant à faire connaître les biens susceptibles d'inscription qu'il possède (voir paragraphe ci-dessus); des certificats d'inscription seront délivrés aux tiers qui voudront se renseigner avant de contracter.

5° Lorsque l'inscription sera prise, le privilège du Trésor sera aussi conservé : c'est évident, mais il fallait encore stipuler en quel rang il viendrait. Ainsi que le fait remarquer le rapport du sénateur Bérenger (*Documents parlementaires*, *Sénat*, page 512), on a admis que le privilège du Trésor serait primé par le privilège du vendeur de bonne foi; il fallait donc admettre aussi qu'il aurait un rang postérieur aux privilèges de l'article 2103 du Code civil (privilèges spéciaux sur les immeubles), et comme ce privilège est lui-même primé, en cas d'insuffisance des meubles pour couvrir les créances indispensables, par le privilège de l'article 2101, on ne sera pas étonné de trouver dans la loi, un article sixième ainsi conçu : « Le privilège du Trésor s'exercera avant tout autre, à l'exception des privilèges prévus par les articles 2101 et 2103 du Code civil, et l'article 192 du Code de Commerce (ce dernier article étant spécial aux navires).

B. — *La deuxième partie* règle les formalités à faire dans la suite, toutes les fois qu'interviendra une transaction immobilière, susceptible d'entrer en conflit avec le droit du Trésor. En effet, l'inscription générale du privilège prise sur les biens des assujettis peut être insuffisante : nous savons tous que les investigations du Trésor peuvent se poursuivre jusqu'en 1925; il s'en suit qu'un particulier ou même une société n'ayant jamais été inquiété au titre des bénéfices de guerre en 1922, au moment de l'inscription générale ci-dessus expliquée, peut apparaître plus tard comme soumis à la loi du 1er juillet 1916, et que cette éventualité effraie ceux qui voudront contracter au sujet de l'immeuble. Le vendeur ou l'emprunteur fera au trésorier payeur général une déclaration, soit pour affirmer qu'il n'a été en aucune façon passible d'une contribution, soit pour faire connaître les impositions dont il a déjà été frappé; et il notifiera, en même temps, au même fonctionnaire le projet de vente ou d'emprunt pouvant affecter le bien considéré. Si l'administration estime avoir des droits quelconques en raison de son privilège, elle procèdera, dans le délai d'un mois, à l'inscription de celui-ci; si cette inscription est prise, le contractant (prêteur ou acquéreur) sait à quoi s'en tenir; il fera ou ne fera pas l'affaire. Si, dans le délai d'un mois aucune inscription n'est pratiquée, l'immeuble doit être considéré comme libre.

C'est en réalité une sorte de purge, à l'encontre du Trésor, puisque c'est un moyen de le mettre en demeure de révéler son droit dit « de suite ». Lorsque la loi est venue en discussion devant le Sénat, un débat très intéressant et très instructif s'est élevé entre les membres de la commission et le ministre sur la question suivante : la loi, dans l'article 7, emploie les termes suivants : « *Quiconque* voudra faire connaître l'acquisition, etc. » Comment doit-on comprendre le mot « quiconque » effrayant par sa généralité ? De plus, en poussant les choses au pire, toute personne, même si éloignée qu'elle soit de l'idée d'avoir fait un acte la soumettant à l'impôt, peut être victorieusement recherchée par le fisc qui, sur ce point, jusqu'en 192 · possède un pouvoir d'investigation : par conséquent, il faut attribuer au mot « quiconque » une signification en quelque sorte universelle...

Le ministre a fait la déclaration suivante à la tribune du Sénat, le 6 juillet 1922 (*Journal officiel*, 7 juillet, *Débats parlementaires*, *Sénat*, page 1107, 3e colonne in fine). « Dans mon esprit, dit-il, dans l'esprit de mon administration et des auteurs de la loi, le mot « quiconque, n'a nullement une portée générale. Il ne s'applique qu'à certaines catégories de redevables. La loi, du 25 juin 1920 a stipulé qu'en matière de bénéfices de guerre, il y avait trois périodes à l'expiration de chacune desquelles la loi cessera automatiquement de s'appliquer. Les voici : Première période : jusqu'au 30 juin 1922, pour les contribuables ayant régulièrement souscrit leur déclaration. Ceux-là ne peuvent plus être l'objet d'aucune imposition nouvelle, et lorsque ils auront acquitté la totalité de l'impôt auquel ils ont été assujettis, ils cesseront d'être soumis à la loi sur les bénéfices de guerre; ces contribuables n'auront donc pas à recourir à la procédure de purge. Deuxième période d'assujettissement : jusqu'au 30 juin 1923. Cette période vise les contribuables qui ont fait des déclarations, mais avec lesquels l'Administration est en désaccord sur des questions concernant, par exemple, l'amortissement; les contribuables peuvent être imposés jusqu'à la date du 30 juin 1923 et tomberont sous le coup de la présente loi. Quant aux personnes qui, tout en ayant réalisé des bénéfices imposables ont réussi jusqu'à présent à les dissimuler, elles peuvent être taxées jusqu'à la date de la cessation d'application de la loi, c'est-à-dire jusqu'au 30 juin 1925.

Certains sénateurs ont fait remarquer au ministre (voir *Journal officiel*, page 1108, 1re colonne) que si l'exposé de ses déclarations et de son opinion est rassurant, le texte de la loi est en lui-même, par la généralité du mot « quiconque », gravement compromettant, et que, pour leur tranquillité, les contractants et les officiers ministériels seraient souvent amenés à faire des « purges ». C'est l'évidence même, heureusement elles n'entraîneront pas de frais.

C. — *La troisième partie* établit un délai relative-

Digitized by Google

ment court, pour l'application de la loi nouvelle. Il faut y voir la preuve d'une réaction très marquée, contre la légèreté avec laquelle le législateur avait dans la loi du 15 juin 1920 proclamé la permanence du privilège du Trésor pendant quinze ans. L'article 14 de la nouvelle loi opère une diminution considérable : il n'y aura plus d'inscription et, par conséquent, plus de privilège possible pour les contribuables n'ayant pas formé de pourvoi à partir des deux dates suivantes : *a*) le 1er avril 1924 pour les contribuables ayant fait leur déclaration dans les délais ; *b*) le 1er avril 1926 pour l'ensemble des contribuables ; et, pour qu'il n'y ait pas d'erreur possible, l'article 14 contient les lignes rassurantes « la procédure instituée par l'article 7 et suivants de la présente loi ne s'appliquera donc, suivant les cas que jusqu'à l'une des dates sus-indiquées. A partir du 1er janvier 1924 les contribuables ayant souscrit leurs déclarations dans les délais impartis par les articles 4 et 5 de la loi du 1er juillet 1916 et dont les impositions ne feront pas l'objet de pourvois devant la commission supérieure, pourront obtenir, en en faisant la demande dans les conditions prévues par les articles 7 et suivants, délivrance d'un certificat constatant qu'il ne peut plus être pris de nouvelle inscription sur leurs biens ».

On entrevoit donc assez prochainement la fin de tous ces troubles, et c'est profondément heureux.

D. — *La quatrième partie* peut comprendre une série de mesures spéciales destinées à donner certaines facilités aux assujettis qui, à tout prix, désireraient dès maintenant s'affranchir de toute obligation relative au privilège du Trésor ; ils peuvent : ou bien opérer le cantonnement (art. 15) au moyen d'une expertise déclarant suffisante la valeur des immeubles qui sont offerts en garantie au Trésor, sous la condition expresse que les autres immeubles seront exonérés ; ou bien supprimer tout recours réel sur les immeubles, en donnant au Trésor d'autres garanties suffisantes (art. 16).

IV. **Réflexions sur la déclaration à faire.** — Si ces quelques lignes sont lues, il n'y aura aucune émotion chez les personnes qui, très prochainement, vont recevoir une indication de leur percepteur à faire entre ses mains la déclaration de leurs immeubles, de leurs fonds de commerce, de leurs navires ou bâtiments au-dessus de 20 tonnes, avec l'indication précise de la situation de ces biens. On ne devra pas hésiter à y joindre l'énumération des biens de même nature qui auraient été aliénés postérieurement à la loi du 15 juin 1920.

Cette nouvelle formalité de la déclaration ne constitue de la part de l'Etat ni une trahison, ni une inquisition nouvelle : le fait est assez étrange d'ailleurs pour que nous le remarquions. Pour s'éviter des poursuites ou au moins des vexations, les assujettis feront bien d'accomplir leur obligation dans le délai normal, quinze jours à compter de la réception de la lettre recommandée du percepteur. Les intéressés sont les seuls à pouvoir libeller leur déclaration ; car quel est l'intermédiaire, le mandataire le plus autorisé qui qui pourrait savoir, aussi bien qu'eux, quelle est l'étendue de leur actif en immeubles, fonds de commerce, navires, etc.

Dans la suite, quand ils auront à aliéner un immeuble, ou à emprunter hypothécairement, ils auront à s'adresser à leur conseil juridique pour réaliser l'opération projetée. Celui-ci connaîtra la loi et dirigera les formalités à accomplir, en même temps que toutes les autres qui datent de textes bien antérieurs à la loi.

Nous espérons que les explications qui précèdent éclaireront ceux qui, en lisant la loi nouvelle, on crié avec effarement : « Encore une déclaration » !

Paul Bougault,
Avocat à la Cour d'Appel de Lyon

Législation, jurisprudence, réglementation

Loi réglementant le privilège du Trésor pour le recouvrement de la contribution extraordinaire sur les bénéfices de guerre.

Voici le texte de cette loi, en date du 10 août 1922 et publiée au « Journal officiel » du 11 août, p. 8398.

Article premier. — Le privilège général du Trésor pour le recouvrement de la contribution extraordinaire sur les bénéfices de guerre ne pourra s'exercer à l'égard des tiers ayant acquis postérieurement à la mise en vigueur de la loi du 25 juin 1920 des droits de propriété ou d'usufruit, des privilèges hypothèques ou autres droits réels sur les immeubles, les fonds de commerce, les navires construits ou en construction et les bâtiments de navigation intérieure de plus de 20 t qu'à la condition d'avoir été rendu public par une inscription. Cette inscription sera prise au bureau de la conservation des hypothèques pour les immeubles, au greffe du Tribunal de Commerce pour les fonds de commerce et les bateaux de navigation intérieure, au bureau du receveur principal des douanes pour les navires.

La déclaration des propriétaires.

Art. 2. — Sur la demande qui lui en sera faite par le percepteur par lettre recommandée avec avis de réception, le redevable devra fournir, dans un délai de quinze jours, à compter de la date de l'avis de réception, une déclaration dans laquelle il fera connaître tous les immeubles et fonds de commerce dont il est propriétaire, avec l'indication précise de la situation de ces biens, tous les navires construits ou en construction et les bâtiments de navigation intérieure de plus de 20 t qui sont sa propriété avec la désignation de chacun

Digitized by Google

d'eux. Il devra faire connaître également tous les biens susvisés dont il était propriétaire au 25 juin 1920 avec la désignation de leurs acquéreurs.

Art. 3. — L'inscription devra être opérée dans le délai de trois mois à partir de la promulgation de la présente loi, en ce qui concerne les impositions comprises dans les rôles mis en recouvrement et dans les trois mois de la publication des rôles pour les titres à émettre jusqu'au 31 décembre 1925. A défaut d'inscription dans ce délai, le privilège du Trésor sur les biens du redevable, énumérés à l'article premier, ne prendra rang, comme une hypothèque, qu'à partir de la date d'inscription.

Art. 4. — L'inscription du privilège du Trésor sera requise par le percepteur du lieu de l'imposition et elle sera opérée sur le vu d'un extrait des rôles de la contribution extraordinaire ou d'une décision de la Commission de taxation. Elle énoncera les nom, prénoms, profession et domicile du redevable et le montant des sommes conservées par le privilège. Elle grèvera de plein droit, et sans qu'il soit besoin de désignation spéciale, tous les immeubles ou tous les fonds de commerce du redevable situés dans la circonscription du bureau des hypothèques, ou le ressort du Tribunal de commerce. L'inscription prise sur les bâtiments de navigation maritime ou fluviale devra, en outre, contenir la désignation des bâtiments grevés.

Art. 5. — Les extraits délivrés aux tiers par le conservateur des hypothèques, le greffier ou le receveur principal des douanes mentionneront l'inscription, mais sans indiquer la somme pour laquelle elle garantit le privilège du Trésor. Seuls les extraits délivrés au redevable ou à son fondé de pouvoirs spécial, mentionneront les sommes garanties par le privilège.

Art. 6. — Le privilège du Trésor s'exercera, avant tout autre, à l'exception des privilèges prévus par les articles 2 101 à 2 103 du Code civil et 191 du Code de Commerce.

La déclaration des vendeurs ou emprunteurs.

Art. 7. — Quiconque voudra céder sur un immeuble, un fonds de commerce ou un bâtiment de navigation maritime ou fluviale, un droit opposable au Trésor, devra faire connaître l'acquisition ou le prêt projetés par une notification adressée au trésorier-payeur général du département dans lequel est situé l'immeuble ou le fonds de commerce, ou dans lequel se trouve le bureau d'immatricule des bâtiments de navigation. L'exploit contiendra l'indication des nom, prénoms, profession et domicile du vendeur ou de l'emprunteur, la désignation du bien qui doit être vendu ou donné en garantie du prêt, ainsi que le montant du prix de vente ou du prêt projeté. Il contiendra, en outre, l'avertissement que, pour conserver son effet vis-à-vis de l'acquéreur ou du prêteur, le privilège du Trésor devra être inscrit dans le mois de la notification.

Art. 8. — A l'exploit de notification devra être jointe une déclaration par laquelle le vendeur ou l'emprunteur :

a) Ou bien attestera qu'il n'est pas en instance d'imposition à la contribution extraordinaire sur les bénéfices de guerre et que, du 2 août 1914 au 30 juin 1920, il n'a pas réalisé de bénéfice le rendant passible de cet impôt;

b) Ou bien fera connaître, par préférence aux cotes inscrites à son nom, le montant de la contribution à laquelle il a été soumis et la partie de l'impôt qui a été payée, avec indication de la date des déclarations afférentes aux bénéfices non encore imposés et attestation que les bénéfices ainsi imposés et déclarés sont les seuls qu'il ait réalisés le rendant passible de la contribution.

Art. 9. — Dans tous les cas, le vendeur ou l'emprunteur indiquera, dans la déclaration prévue à l'article précédent, si, du 2 août 1914 au 30 juin 1920, il a exercé un commerce ou une industrie, et s'il a pris part comme associé ou simple intermédiaire à des actes de commerce quels qu'ils soient. Dans cette dernière hypothèse, il fera connaître le siège du commerce ou de l'industrie exercée, celui de la société dont il aurait fait partie autrement que comme simple actionnaire ou, enfin, le lieu où auront été accomplis les actes de commerce auxquels il a participé.

Art. 10. — Au cas de défaut de la déclaration prévue à l'article 2 et au cas de déclarations inexactes dans les cas prévus aux articles 2, 8 et 9, le contrevenant sera puni d'un emprisonnement de trois mois à deux ans et d'une amende de 500 à 20 000 fr ou de l'une de ces deux peines seulement. L'article 463 du Code pénal est applicable.

La signature du déclarant devra être légalisée par le maire ou le commissaire de police ou certifiée par le notaire chargé de réaliser la vente, le prêt ou la constitution de tout autre droit réel.

Les délais d'inscription du privilège du Trésor.

Art. 11. — Si, dans le délai d'un mois à compter de la signification prévue à l'article 7, le Trésor n'a pas inscrit son privilège, ce privilège cesse d'être opposable à l'acquéreur à condition que, dans le délai de six mois à compter de la signification, il ait réalisé l'acquisition et rempli les formalités nécessaires pour le rendre opposable aux tiers.

Art. 12. — A défaut d'inscription dans ledit délai d'un mois, le privilège du Trésor cesse également d'être opposable au prêteur, mais seulement en ce qui concerne la créance mentionnée dans la notification et à la condition que le prêt soit réalisé et que l'hypothèque ou le nantissement garantissant la créance soient inscrits dans les six mois de la notification prévue à l'article 7.

Art. 13. — Si, dans le délai d'un mois à partir de la notification prévue à l'article 7, le Trésor a inscrit son privilège, il ne sera opposable à l'acquéreur ou au prêteur que jusqu'à concurrence de la somme pour laquelle il a été inscrit, à la condition que la vente ou le prêt et les transcriptions ou inscriptions subséquentes aient été réalisés dans les six mois de la notification.

Art. 14. — Sauf en ce qui concerne les contribuables dont les impositions feront l'objet, aux dates ci-dessous indiquées, de pourvois devant la Commission supérieure, il ne pourra plus être pris d'inscription à l'effet de constater le privilège du Trésor :

1° A partir du 1er avril 1924 pour les contribuables ayant souscrit leurs déclarations dans les délais impartis par les articles 4 et 5 de la loi du 1er juillet 1916 ;

2° A partir du 1er avril 1926 pour l'ensemble des contribuables.

La procédure instituée par les articles 7 et suivants de la présente loi ne s'appliquera donc, suivant le cas, que jusqu'à l'une ou l'autre des deux dates sus-indiquées.

A partir du 1er janvier 1924, les contribuables ayant souscrit leurs déclarations dans les délais impartis par les articles 4 et 5 de la loi du 1er juillet 1916 et dont les impositions ne feront pas l'objet de pourvois devant la Commission supérieure pourront obtenir, en en faisant la demande dans les conditions prévues par les articles 7 et suivants, délivrance d'un certificat constatant qu'il ne peut plus être pris de nouvelle inscription sur leurs biens.

Les conditions de la réduction du privilège des mainlevées et des radiations.

Art. 15. — Lorsque la valeur des immeubles du redevable sera notoirement supérieure au montant des cotes mises en recouvrement, le débiteur pourra faire limiter les effets du privilège sur des immeubles qu'il indiquera à cet effet, pourvu que ces immeubles aient une valeur double du montant des cotes en recouvrement. La valeur des immeubles offerts en garantie sera, à défaut d'accord, déterminée par deux experts désignés, l'un par le redevable et l'autre par le trésorier-payeur général du département : en cas de désaccord entre les experts, un tiers expert sera désigné par le président du Tribunal civil du lieu de la situation des immeubles. Au cas de réduction du privilège effectuée conformément au présent article, l'inscription mentionnera la limi-

Digitized by Google

tation dont elle est l'objet et les autres biens du redevable demeureront dégrevés du privilège du Trésor.

En cas de refus par le trésorier-payeur général d'accepter la valeur indiquée pour le ou les immeubles offerts spécialement en gage par le contribuable, celui-ci ne sera tenu de supporter les frais d'expertise que si l'arbitrage définitif aboutit à faire attribuer à l'immeuble ou aux immeubles offerts une valeur inférieure au double des cotes en recouvrement.

ART. 16. — L'assujetti pourra s'affranchir du privilège du Trésor en offrant les garanties énumérées dans le troisième alinéa de l'article 16 de la loi du 25 juin 1920, pourvu que les garanties offertes aient une valeur double des cotes mises en recouvrement. En ce cas, il sera délivré à l'assujetti, par le trésorier-payeur général, une attestation faisant connaître que ses biens ne sont pas soumis éventuellement à l'inscription du privilège.

ART. 17. — Les tiers qui auront fourni des deniers pour l'acquittement de la contribution sur les bénéfices de guerre, soit spontanément, pour la sauvegarde de leurs intérêts, soit sur la demande de l'assujetti, seront subrogés de plein droit dans le bénéfice des inscriptions de privilège prises au profit du Trésor.

ART. 18. — Les conservateurs des hypothèques, greffiers des tribunaux de commerce ou receveurs principaux des douanes, seront tenus de mentionner les subrogations à la marge des inscriptions et d'opérer les radiations totales ou partielles de ces inscriptions en vue d'une attestation dont la forme sera déterminée par le ministre des Finances. Cette attestation sera établie par le percepteur et transmise par le trésorier-payeur général.

En cas de subrogation au profit d'un tiers, la radiation en sera opérée sur le vu de la mainlevée donnée dans les formes ordinaires par le créancier subrogé.

ART. 19. — En ce qui concerne les immeubles, navires et fonds vendus avant la promulgation de la présente loi, le privilège du Trésor ne sera point opposable aux acquéreurs de bonne foi. Le privilège du Trésor est également primé, le cas échéant, par le privilège du vendeur de bonne foi.

Dans le cas où l'aliénation intervenue postérieurement au 13 janvier 1916 serait attaquée dans les conditions prévues par l'article 1 167 du Code civil et l'article 70 de la loi du 1er juillet 1916, comme faite en fraude des droits du Trésor, les juges pourront admettre, même en matière d'aliénation à titre onéreux, des présomptions graves, précises et concordantes, ainsi que la preuve testimoniale, quel que soit le prix de vente.

ART. 20. — Tous les actes concernant les inscriptions, mainlevées ou radiations, faits en exécution de la présente loi, sont dispensés du timbre et enregistrés gratis.

Ils sont dispensés, en outre, de la taxe hypothécaire édictée par les articles 2 et 3 de la loi du 27 juillet 1900 modifiée par les articles 4 et 5 de la loi du 30 avril 1921, ainsi que du droit d'inscription de cautionnement de fonds de commerce institué par l'article 34 de la loi du 17 mars 1909.

Les salaires et émoluments afférents à ces formalités seront dus suivant les tarifs en vigueur.

ART. 21. — La présente loi est applicable à l'Algérie.

Fait à Rambouillet, le 10 août 1922.

Sur l'assujettissement au droit de timbre des accusés de réception de chèques

Le « Journal officiel » du 23 juin publie, page 1952 des « Débats parlementaires, Chambre des Députés », la question et la réponse qui suivent :

13955. — M. Grinda, député, demande à M. le ministre des Finances si les accusés de réception de chèques barrés sont passibles du droit de timbre de quittance, lesdits chèques ne comportant pas d'acquit. (Question du 8 juin 1922.)

Réponse. — Il y a lieu d'appliquer aux accusés de réception de chèques barrés les solutions indiquées dans les réponses faites aux questions écrites n°s 11591 et 11550, posées par l'honorable député. (Voir *Journal officiel*, numéro du 25 décembre 1921, débats, chambre des députés, page 5276, 1re colonne, et n° du 13 janvier 1922, débats, page 26, 2e colonne.) En conséquence, si le destinataire d'un chèque barré le reçoit en qualité de créancier, l'accusé de réception qu'il délivre à l'expéditeur constitue, à l'égard de ce dernier, un titre libératoire, puisque la remise d'un chèque est assimilable à un payement en espèces ; cet accusé de réception ne peut, par suite, profiter de la dispense du timbre édictée par l'article 4 de la loi du 30 mars 1872. L'exonération prévue par ce texte ne serait acquise que si le signataire de l'accusé de réception du chèque barré recevait cette valeur, en qualité de mandataire du tireur ou du bénéficiaire, et mettait le montant du chèque, après encaissement, à la disposition de son mandant pour être utilisé, par ce dernier, à son profit personnel.

Sur les prêts que les banques populaires peuvent consentir aux commerçants et industriels démobilisés.

Le « Journal officiel » du 28 juin 1922 publie, page 2077 des « Débats parlementaires, Chambre des Députés » la question et la réponse qui suivent.

14089. — M. Antier, député, demande à M. le ministre du Commerce si les banques populaires agréées par le Gouvernement sont obligées de consentir les prêts à 3 pour 100 prévus par la loi du 24 octobre 1919 aux commerçants et industriels démobilisés qui remplissent les conditions voulues, ou bien si elles sont libres de refuser lesdits prêts. (Question du 15 juillet 1922.)

Réponse. — Aux termes de l'article 3 de la loi du 24 octobre 1919 et de l'article 16 du règlement d'administration publique du 3 mars 1920, déterminant les conditions d'application de cette loi, les petits commerçants et industriels démobilisés qui désirent bénéficier d'un prêt à long terme doivent être sociétaires de la banque populaire saisie de leur demande. Or, les banques populaires sont essentiellement des sociétés de personnes qui choisissent leurs sociétaires par l'organe de leur conseil d'administration auquel ce choix ne saurait être imposé. D'autre part, une banque populaire, responsable vis-à-vis de l'Etat du remboursement des avances, reste libre de refuser un prêt à un de ses sociétaires commerçant ou industriel démobilisé qui remplit les conditions indiquées à l'article 16 du décret du 3 mars 1920, quand elle juge que les sûretés réelles ou personnelles offertes par le demandeur sont insuffisantes pour garantir le remboursement du prêt. C'est l'application pure et simple de l'article 4 de la loi du 24 octobre 1919 ainsi conçu : « Aucun prêt ne pourra être consenti sans être garanti par un nantissement, une caution, une hypothèque, une police souscrite auprès de la caisse nationale d'assurances en cas de décès, ou toute autre sûreté réelle ou personnelle. »

Arrêt de la Cour de Cassation concernant la rupture du contrat de travail

La « Gazette des Tribunaux » du 4 juin 1922 publie l'arrêt de cassation au rapport de M. le conseiller Leturc, et sur les conclusions conformes de M. l'avocat général Matter, d'un jugement du Tribunal civil de Tours, du 20 octobre 1920, rendu au profit de M. Railler, contre la Compagnie des Chemins de fer de Paris-Orléans. Cet arrêt est le suivant :

L'employé qui se met en grève rend impossible par un fait volontaire l'exécution du contrat de louage de travail, et résilie dès lors ce contrat.

Par suite, le refus par son patron de le reprendre ne saurait être considéré comme un congédiement sans préavis, pouvant servir de base à une action en indemnité.

Digitized by Google

REVUE GÉNÉRALE DE L'ÉLECTRICITÉ

Organe de l'Union des Syndicats de l'Électricité

réunissant

LA REVUE ÉLECTRIQUE 1904-1916 — LA LUMIÈRE ÉLECTRIQUE 1879-1916

DIRECTEUR : J. BLONDIN, Agrégé de l'Université.

6e ANNÉE. — TOME XII. — N° 10. — 9 SEPTEMBRE 1922.

Chronique. - Le « sabotage » du langage technique. — Bibliographies : Principes d'Electrotechnie, par Emile PIÉRARD ; Traité pratique de navigation aérienne, par A.-B. DUVAL et L. HÉBRARD ; The construction of amateur valve station, par Alan L.-M DOUGLAS, p. 337-338.

Section scientifique et technique. — Sur un problème de minimum relatif au calcul des lignes électriques, par J. L'HERMITTE, p. 339. — Revues, analyses et informations : La localisation d'un défaut dans un câble, p. 344.

Section industrielle. — Sur la normalisation des dimensions des éléments de la construction mécaniques, la loi des longueurs industrielles, par F. BAYLE, p. 345. — Régulation de la tension et isolement des réseaux de transmission d'énergie à grande distance, p. 353. — Revues, analyses et informations : Les accéléromètres Auclair et Boyer-Guillon, p. 369 ; Wattmètre pour courants de haute fréquence, p. 370.

Section économique et financière. — Assemblées générales : Etablissements Devilaine et Rougé, Omnium d'Installations électriques, p. 371 ; Compagnie d'Electricité de l'Ouest-Parisien, Ouest-Lumière, p. 371.

Section de législation. — Les droits d'octroi et les concessionnaires d'énergie, par Paul BOUGAULT, p. 373. — Législation, jurisprudence, réglementation : Circulaire relative à l'indemnisation pour privation des droits non exercés à l'usage de l'eau, p. 375.

Le « sabotage » du langage technique. — Encouragé par la demande qui nous en a été faite, nous rouvrons cette rubrique que nous avions laissée fermée depuis quelques mois dans la crainte d'importuner nos lecteurs en l'utilisant trop fréquemment.

L'occasion nous en est fournie par la lecture d'un article récent dû à la plume d'un ingénieur-conseil des plus autorisés et publié dans une revue importante qui est l'organe d'un des instituts électrotechniques les plus appréciés. Nous y trouvons, deux abréviations de de notation ou de langage, assez souvent employées mais qui prêtent à confusion et que, pour cette raison, il conviendrait d'éviter.

Nous y lisons, en effet : « Les lignes aboutiront à un poste central qui renfermera une batterie de transformateurs abaisseurs de tension 150000/120000/10000 volts. »

Comme il est d'usage courant de désigner par l'abréviation « transformateur 5000/110 volts », un transformateur abaissant la tension de 5000 volts à 110 volts, il est naturel d'en conclure que la « batterie de transformateurs abaisseurs de tension 150000/120000/10000 volts » dont il est question est formée d'un premier transformateur abaissant la tension de 150000 à 120000 volts, puis d'un autre transformateur abaissant la tension de 120000 volts à 10000 volts. Il est évident, pour un électricien, que l'auteur a voulu dire que la batterie de transformateurs abaisse à 10000 volts la tension des courants amenés par les lignes sous des tensions oscillant entre 150000 et 120000 v. On nous accordera toutefois que la façon dont il exprime cette idée est incorrecte.

Dans le même article, nous trouvons : « La première usine sera capable de produire un total annuel de 150000000 kilowatts ; les autres usines ne débitent actuellement que 90000000 kilovatts par an. »

Là encore, un électricien rectifiera de lui-même la phraséologie de l'auteur ; il lira : « capable de produire annuellement une quantité d'énergie électrique atteignant 150000000 kilowatts-heure ». Mais pourquoi ne pas écrire correctement le nom de l'unité utilisée? Pourquoi inciter le consommateur d'électricité à se figurer qu'il achète des kilowatts alors que ce sont des kilowatts-heure ? Si, s'aidant d'un ouvrage classique traitant de la puissance et de l'énergie, il cherche à comprendre ce que la compagnie de distribution lui fait payer, il se trouvera complètement dérouté et n'hésitera pas à conclure que la compagnie, en s'exprimant incorrectement, a l'intention de le léser.

D'ailleurs, cette manie de l'abréviation des noms d'unités conduit bientôt à des locutions absolument incompréhensibles, même pour les initiés. Les employés chargés de relever les indications des compteurs électriques en arrivent à dire couramment aux abonnés des réseaux de distribution : « Vous savez, le prix du courant a baissé de 5 centimes par hecto. » Avec l'aide des sténo-dactylographes et des comptables, « hecto » ne tardera pas à être remplacé par « H ». Nous verrons donc — nous le voyons déjà sur les factures —

Digitized by Google

les distributeurs d'énergie électriques et les marchands de vins, s'exprimer avec la même unité, le H. Ce sera certes un progrès dans le domaine de l'unification, mais il est douteux que c'en soit un pour la clarté des écrits. — J. B.

Bibliographie : Principes d'Electrotechnie, tome III, par Emile PIÉRARD, professeur à l'Université de Bruxelles, ingénieur en chef, directeur de l'Administration des Télégraphes belges (1). — Cette nouvelle édition est assez différente de la précédente par suite des changements importants survenus dans l'électrotechnique; c'est ainsi que les radiocommunications et la préparation de différents corps soit par le four électrique, soit par électrolyse ont, en quelques années, pris une place importante dans l'industrie. De même, les compteurs et les parafoudres se rencontrent maintenant dans toute installation; aussi, bien que ce ne soient que des accessoires, est-il nécessaire de les étudier avec quelques détails.

Ces raisons ont amené l'auteur à ajouter aux six chapitres de la précédente édition : Distribution de l'énergie, Eclairage, Traction, Télégraphie, Téléphonie, Effets physiologiques de courants, les six autres suivants : Electrothermie, Electrochimie, Radiotélégraphie, Radiotéléphonie, Compteurs et Parafoudres. Par contre, un paragraphe sur les lampes à arc a été supprimé, ces pages étant devenues sans intérêt depuis l'extrême développement de l'éclairage par lampes demi-watt; au contraire, la photométrie a fait l'objet d'un chapitre spécial.

On retrouve dans ces études la clarté d'exposition déjà remarquée dans les tomes précédents; les calculs sont suffisamment développés pour permettre une étude ultérieure complète de tous les sujets traités. L'ensemble des trois volumes forme donc un cours d'électrotechnie absolument mis à jour et particulièrement bien présenté. — B. E.

Bibliographie : Traité pratique de navigation aérienne, par A.-B. DUVAL, lieutenant de vaisseau de réserve, pilote aviateur et L. HÉBRARD, capitaine au 21e régiment d'aviation, pilote aviateur (2). — Ce traité est le premier qui paraît sur un tel sujet. Il répond à un besoin réel résultant du développement du réseau de liaisons aériennes régulières; aux méthodes primitives de circulation à vue, doivent se substituer les procédés techniques qui se sont imposés au cours des siècles dans la navigation maritime et qu'il faut appliquer à un autre domaine.

La première adaptation de ces méthodes est exposée en six chapitres du Traité. En premier lieu, l'auteur rappelle les règles générales de la navigation aérienne, insistant sur les divers systèmes de cartes et sur leur usage. Vient ensuite la description du compas de navigation aérienne, les qualités qu'il doit présenter, l'étude de la tenue d'un cap au moyen de cet appareil, les problèmes de la régulation et de la compensation posés par son usage. Dans de nouveaux chapitres sont traités avec détail, d'abord « la navigation estimée » : son principe, l'action du vent, l'angle de dérive et sa correction, la résolution du point estimé et les mesures en plein vol des éléments nécessaires pour l'estime; puis « la navigation observée » : par observation directe du sol, utilisation de repères éloignés vus, entendus ou obtenus par radiogoniométrie, enfin par observations astronomiques. L'auteur signale en cet endroit le guidage par câbles électriques que l'on peut rattacher aux procédés radiogoniométriques. Il passe ensuite aux instruments de bord et de navigation, notamment les indicateurs de vitesse Etévé, Badin, Ogilvie), indicateurs de virage, de pente et clinomètre gyroscopique, etc., appareils qui ont conduit à la conception actuelle du contrôleur de vol Badin réunissant sur un même instrument les indications de pente, de vitesse et de virage. Après une courte description des différents cercles calculateurs de dérive, sont ensuite traités les instruments servant à la navigation observée (dérivomètre, alidades de relèvement, taximètre), et ceux qui servent à se diriger par des procédés astronomiques (sextants de différents modèles).

Dans la dernière partie de l'ouvrage, l'auteur traite une question importante, celle de la pratique de la navigation aérienne et il l'expose d'une façon originale. Faisant remarquer que l'on ne saurait établir toutes les règles pratiques, résultat d'une longue expérience, il formule seulement quelques règles simples qu'il n'est jamais mauvais d'appliquer mais qu'il serait dangereux d'enfreindre. Il prend ensuite plusieurs exemples de voyages et indique, parallèlement, « ce que le pilote ne doit pas faire » et « ce qu'il doit faire ». Il termine enfin son ouvrage par les notions de météorologie appliquée à l'aéronautique, la préparation d'un voyage et quelques indications sur les règles de circulation aérienne, les abordages et la navigation d'un hydravion posé sur mer.

Signalons également que l'ouvrage est heureusement complété par une bibliographie se rapportant aux divers sujets qui sont envisagés dans ce traité. — B. E.

Bibliographie : The construction of amateur valve station, par Alan L.-M. DOUGLAS (1). — Le but de l'auteur, en écrivant ce livre, a été de mettre, à la portée de l'amateur qui s'intéresse à la télégraphie et à la téléphonie sans fil, un manuel à l'aide duquel il puisse construire lui-même les appareils qui lui seront nécessaires pour commencer à étudier ce sujet dont l'importance est de plus en plus grande et qui, par surcroît, est très captivant pour l'amateur.

L'ouvrage est divisé en onze chapitres dans lesquels l'auteur passe successivement en revue : la théorie des valves thermoioniques; les circuits de réception avec lampes; la construction —, par l'amateur — des appareils de réglage des lampes; les transformateurs, résistances et capacités de couplage; les bobines d'accord; les condensateurs fixes et variables; les batteries d'alimentation des différents circuits; les récepteurs téléphoniques et hauts parleurs; les appareils supplémentaires (appareils imprimeurs, etc.); les antennes et prises de terre, enfin les appareils de connexion.

Remarquons cependant que la construction n'est envisagée que dans les chapitres III, V, VI et X, les autres contenant seulement la description des appareils, la fabrication de ceux-ci n'étant d'ailleurs pas du domaine de l'amateur. — B. E.

(1) Un volume, format 24 cm × 17 cm, 330 p., 292 fig. En vente aux bureaux de la *Revue générale de l'Electricité*. Prix : broché, 26 fr.

(2) Une brochure, format 29 cm × 23 cm, 60 pages, 103 figures, édité par Gauthier-Villars et Cie, 55, quai des Grands-Augustins, Paris VIe, Prix : 6 fr.

(1) Une brochure, format 18 cm × 12 cm, de 78 pages, 57 figures; éditée par The Wireless Press Ltd, 12 et 13, Henriette Street W. C. 2, Londres. Prix, 1 shilling 6 pence.

Digitized by Google

SECTION SCIENTIFIQUE & TECHNIQUE

Sur un problème de minimum relatif au calcul des lignes électriques

Dans le présent article, l'auteur se propose d'établir le calcul rationnel d'un feeder qui doit satisfaire, avec le minimum de métal, à l'une ou l'autre des conditions suivantes généralement imposées : soit une différence de potentiel donnée, ou en langage courant une chute de tension donnée, entre l'origine et l'extrémité du feeder, soit une perte d'énergie par effet Joule donnée, entre l'origine et l'extrémité du feeder. Le calcul, effectué pour un fil considéré isolément, peut être facilement généralisé pour une distribution comportant un nombre quelconque de fils.

I. **Introduction. Principe général de la solution.** — Le problème que nous nous proposons d'étudier est le suivant :

Etant donné un fil conducteur de section circulaire et de longueur finie parcouru par un courant dont le régime maximum est connu ; étant donnée, d'autre part, soit la perte ohmique maximum, soit l'énergie maximum perdue par effet Joule et consentie dans ces conditions entre l'origine et l'extrémité, suivant quelle loi doit varier le diamètre du fil pour que la quantité de métal conducteur utilisée soit minimum.

Prenons comme axes de coordonnées, dans un plan diamétral quelconque du conducteur : l'axe de symétrie comme axe des abscisses Ox (fig. 1), une perpendiculaire Oy à Ox comme axe des ordonnées, O étant le centre de la section origine choisie du côté de la source du courant.

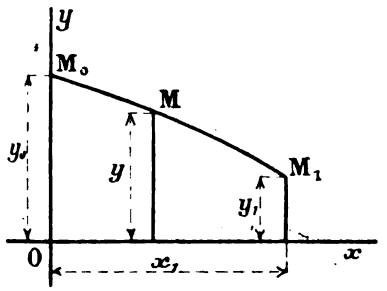


Fig. 1.

Nous rappellerons brièvement quelques principes du calcul des variations sur lesquels sont basées les solutions développées plus loin, en renvoyant aux traités spéciaux pour l'étude plus complète de ces principes. Les notations utilisées sont empruntées, en particulier, au traité de calcul différentiel et intégral de J.-A. Serret (t. II, chap. XII).

Limitons-nous au cas de deux variables. Soit une relation quelconque entre les deux variables x et y et un paramètre t de la forme générale suivante

$$\varphi(x, y, t) = 0. \qquad (1)$$

On peut représenter cette fonction par une famille de courbes C obtenues en faisant varier le paramètre t ; il est possible d'établir, d'une façon quelconque, une certaine correspondance entre les éléments d'une courbe de cette famille et ceux d'une autre courbe de la même famille, par exemple, à l'aide d'un second réseau de courbes C', ainsi qu'on l'a représenté sur la figure 2. On

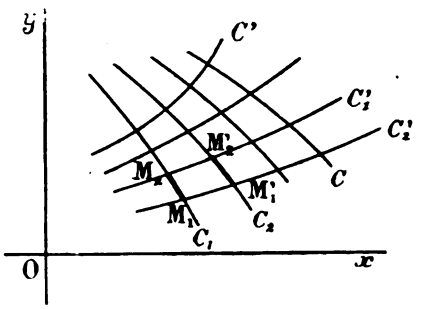


Fig. 2.

voit, entre autres, que les éléments d'arc des courbes C compris entre deux courbes C'_1 et C'_2 sont en correspondance. Il en serait de même de tout autre élément attaché aux courbes C et représenté, d'une manière générale, par une fonction arbitraire des coordonnées de C et de leurs dérivées successives jusqu'à un certain ordre

On appelle variation d'un élément relatif à la courbe C la différence des éléments infiniment petits correspondants sur deux courbes infiniment voisines de la même famille. Par exemple, la variation d'un élément d'arc pris sur la courbe C_1 peut être représentée par la différence entre les segments M_1M_2 et $M'_1M'_2$. Les variations sont des différentielles d'un genre particulier

Digitized by Google

mais elles sont soumises aux mêmes règles générales que les différentielles ordinaires ; on les désigne plus spécialement que le symbole δ.

La variable t peut ne pas être explicitée.

Ceci dit, on démontre que la condition pour qu'une fonction d'éléments assujettis à varier soit maximum ou minimum est que la variation de cette fonction soit nulle.

Soit une fonction V de x, de y et des dérivées successives de y par rapport à x jusqu'à l'ordre n

$$V = f(x, y, y', y'' \ldots\ldots y^{(n)}), \qquad (2)$$

dont la différentielle totale a pour expression

$$dV = X dx + Y dy + Y' dy' + Y'' dy'' + \ldots + Y^{(n)} dy^{(n)}.$$

Envisageons maintenant l'intégrale

$$S = \int_{x_0}^{x_1} V dx,$$

dans laquelle les limites x_0 et x_1 sont fixes, V ne dépendant pas des limites, et posons la simplification d'écriture suivante

$$\omega = \delta y - y' dx.$$

On démontre que les conditions générales de maximum ou de minimum de S sont les suivantes

$$K = Y - \frac{dY}{dx} + \frac{d^2 Y''}{dx^2} + \ldots + (-1)^n \frac{d^n Y^{(n)}}{dx^n} = 0, \qquad (3)$$

$$G = \Gamma_1 - \Gamma_0 = 0, \qquad (4)$$

avec

$$\Gamma = V \delta x + \left(Y' - \frac{dY''}{dx} + \frac{d^2 Y'''}{dx^2} + \ldots\ldots \right) \omega + \left(Y'' - \frac{dY'''}{dx} + \ldots\ldots \right) \frac{d\omega}{dx} + \ldots\ldots + Y^{(n)} \frac{d^{n-1}\omega}{dx^{n-1}}.$$

Si, en outre, on impose une condition supplémentaire de la forme

$$S' = \int_{x_0}^{x_1} V' dx = \text{constante},$$

V' étant, de même que V, une fonction quelconque de x, y, y'..., on démontre que le problème se réduit à la recherche du maximum ou du minimum de la fonction $S + a S'$, a étant une constante déterminée par les conditions aux limites. Si on désigne par K' et G' les quantités analogues à K et G relatives à la fonction V', la solution du problème est donnée par les deux équations suivantes.

$$K + aK' = 0, \qquad (5)$$

$$G + aG' = 0. \qquad (6)$$

II. **Application au calcul des lignes électriques.** — Exprimons maintenant les fonctions qui interviendront dans le problème particulier que nous nous proposons d'étudier. Soit ρ la résistivité du conducteur et I, l'intensité du courant ; la chute ohmique élémentaire en un point M quelconque a pour valeur

$$dU = \frac{\rho I}{\pi y^2} dx.$$

Le volume élémentaire en ce même point a pour expression

$$d\Phi = \pi y^2 dx.$$

Il s'agit donc de chercher les conditions du minimum de l'intégrale

$$\Phi = \int_{x_0}^{x_1} \pi y^2 dx, \qquad (7)$$

quand on impose la condition supplémentaire

$$\Delta U = \int_{x_0}^{x_1} \frac{\rho}{\pi} \frac{I}{y^2} dx = \text{constante}. \qquad (8)$$

Nous avons

$$d(\pi y^2) = 2\pi y \, dy,$$

d'où

$$X = 0, \quad Y = 2\pi y, \quad Y' = 0, \quad Y'' = 0, \text{ etc...}$$

Par suite

$$K = 2\pi y, \qquad (9)$$

$$G = \Gamma_1 - \Gamma_0 = \pi [y_1^2 - y_0^2] \delta x, \qquad (10)$$

avec

$$\Gamma = \pi y^2 \delta x.$$

Nous établirons les expressions de K' et G' dans quelques cas particuliers.

1. Différence de potentiel donnée entre l'origine et l'extrémité. — *Premier cas : L'intensité conserve une valeur constante sur toute la longueur du conducteur (cas d'une ligne sans dérivation sur son parcours).*

Dans ce cas

$$I = I_0,$$

et

$$V' = \frac{\rho}{\pi} \frac{I_0}{y^2};$$

d'où

$$dV' = -\frac{2\rho}{\pi} \frac{I_0}{y^3} dy,$$

$$X = 0, \quad Y = -\frac{2\rho}{\pi} \frac{I_0}{y^3}, \quad Y' = 0, \quad Y'' = 0 \ldots\ldots$$

Digitized by Google

On en tire

$$K' = -\frac{2\rho}{\pi}\frac{I_0}{y^3}, \qquad (11)$$

$$G' = \Gamma_1' - \Gamma_0' = \frac{\rho}{\pi} I_0 \left[\frac{1}{y_1^2} - \frac{1}{y_0^2}\right]\delta x, \qquad (12)$$

avec

$$\Gamma' = \frac{\rho I_0}{\pi y^2}\delta x.$$

L'application des formules générales (5) et (6) donne, dans ce cas,

$$2\pi y - 2a\frac{\rho}{\pi}\frac{I_0}{y^3} = 0, \qquad (5')$$

$$\pi[y_1^2 - y_0^2]\delta x + \frac{a\rho}{\pi} I_0 \left[\frac{1}{y_1^2} - \frac{1}{y_0^2}\right]\delta x = 0; \qquad (6')$$

de (5') on tire

$$y^4 = \frac{a\rho}{\pi^2} I_0,$$

d'où

$$y = \sqrt[4]{\frac{a\rho}{\pi^2} I_0} = \text{constante}. \qquad (13)$$

D'après cette dernière expression, la section du conducteur est constante ; on peut donc énoncer le principe suivant :

Dans le cas où l'intensité conserve une valeur constante entre l'origine et l'extrémité du conducteur, le minimum de métal utilisé, pour une différence de potentiel donnée entre ces points, correspond à une section constante convenablement choisie.

La formule (6') peut encore s'écrire sous la forme suivante :

$$\pi[y_1^2 - y_0^2]\, y_1^2 y_0^2 - \frac{a\rho}{\pi} I_0 [y_1^2 - y_0^2] = 0,$$

d'où l'on tire deux solutions, soit la solution $y_1^2 - y_0^2 = 0$, compatible avec la condition trouvée, soit la solution $y_1^2\, y_0^2 = \frac{a\rho}{\pi^2} I_0$ qui est également compatible pour $y_0 = y_1$.

L'équation (8) devient

$$\Delta U = \int_{x_0}^{x_1} \frac{\rho}{\pi} \frac{I_0}{\frac{\sqrt{a\rho I_0}}{\pi}} dx = \sqrt{\frac{\rho I_0}{a}} \times [x_1 - x_0].$$

On peut, de cette dernière expression, tirer la valeur de a en fonction des quantités ΔU, ρ, I_0, $x_1 - x_0$, qui sont données.

Deuxième cas : L'intensité varie linéairement le long du conducteur en fonction de la distance à l'origine. — On peut considérer qu'un conducteur de distribution sur lequel de nombreuses installations uniformément réparties sont branchées satisfait sensiblement à cette condition.

Soit I_0 l'intensité du courant à l'origine et I_1, l'intensité à l'extrémité ; l'intensité I, en un point quelconque, a pour valeur

$$I = \frac{I_1 - I_0}{x_1} \times x + I_0 = Ax + B,$$

en posant

$$A = \frac{I_1 - I_0}{x_1}, \qquad B = I_0.$$

A est d'ailleurs négatif.

Dans ce cas

$$dV' = \frac{\rho}{\pi}\frac{A}{y^2} dx - \frac{2\rho}{\pi} \times \frac{Ax + B}{y^3} dy;$$

d'où

$$X = \frac{\rho}{\pi}\frac{A}{y^2}, \quad Y = -\frac{2\rho}{\pi} \times \frac{Ax+B}{y^3}, \quad Y' = 0, \quad Y'' = 0\ldots$$

On a donc

$$K' = -\frac{2\rho}{\pi} \times \frac{Ax + B}{y^3}, \qquad (14)$$

$$G' = \Gamma_1' - \Gamma_0' = \frac{\rho}{\pi}\left[\frac{Ax_1 + B}{y_1^2} - \frac{B}{y_0^2}\right]\delta x, \qquad (15)$$

avec

$$\Gamma' = \frac{\rho}{\pi} \times \frac{Ax + B}{y^2}\delta x.$$

Les conditions relatives au minimum peuvent s'écrire

$$2\pi y - \frac{2a\rho}{\pi} \times \frac{Ax + B}{y^3} = 0, \qquad (5'')$$

$$\pi[y_1^2 - y_0^2] + \frac{a\rho}{\pi}\left[\frac{Ax_1 + B}{y_1^2} - \frac{B}{y_0^2}\right] = 0. \qquad (6'')$$

L'équation (5'') donne

$$y^4 = \frac{a\rho}{\pi^2} \times [Ax + B] = \frac{a\rho}{\pi^2} I. \qquad (16)$$

Le profil théorique du conducteur est donc une courbe du quatrième degré de forme parabolique, ayant comme axe l'axe de symétrie du conducteur et dont la concavité est dirigée vers les x négatifs ; elle coupe l'axe Ox au point même où l'intensité est nulle, c'est-à-dire au point d'abscisse $x_2 = -\frac{B}{A}$.

L'équation (6'') ordonnée par rapport aux puissances décroissantes de y_0 devient

$$\pi^2 y_1^2 y_0^4 - [\pi^2 y_1^4 + a\rho(Ax_1 + B)]y_0^2 + a\rho B y_1^2 = 0. \qquad (17)$$

C'est une équation bicarrée en y_0^2 ; on pourrait de même en tirer y_1 en fonction de y_0.

L'expression de ΔU donnée par l'équation (8) peut être transformée au moyen de l'expression de y donnée par l'équation (16)

$$\Delta U = \int_0^{x_1} \frac{\rho}{\pi} \times \frac{\pi^2 y^4}{a\rho y^2} dx = \frac{\pi}{a}\int_0^{x_1} y^2 dx;$$

Digitized by Google

d'où

$$\Delta U = \frac{\pi}{a}\int_0^{x_1}\sqrt{\frac{a\rho(Ax+B)}{\pi^2}}\,dx = \sqrt{\frac{\rho}{a}}\int_0^{x_1}\sqrt{Ax+B}\,dx$$

$$= \frac{2}{3A}\sqrt{\frac{\rho}{a}}\left[(Ax_1+B)^{\frac{3}{2}} - B^{\frac{3}{2}}\right]$$

$$= \frac{2}{3A}\sqrt{\frac{\rho}{a}}\left[I_1^{\frac{3}{2}} - I_0^{\frac{3}{2}}\right]. \qquad (18)$$

Cette égalité donnera la valeur de a en fonction des autres données.

Perte d'énergie le long du conducteur. — Soit dW la perte élémentaire en un point

$$dW = \frac{\rho\,dx}{\pi y^2}\times I^2 = \sqrt{\frac{\rho}{a}}\,(Ax+B)^{\frac{3}{2}}\,dx,$$

$$W = \sqrt{\frac{\rho}{a}}\int_{x_0}^{x_1}(Ax+B)^{\frac{3}{2}}\,dx$$

$$= \frac{2}{5A}\sqrt{\frac{\rho}{a}}\left[(Ax_1+B)^{\frac{5}{2}} - B^{\frac{5}{2}}\right]. \qquad (19)$$

Densité du courant en un point — Soit D la densité du courant en un point ;

$$D = \frac{I}{\pi y^2} = \sqrt{\frac{Ax+B}{a\rho}}. \qquad (20)$$

La dérivée de D par rapport à x a pour valeur

$$\frac{dD}{dx} = \frac{A}{2a\rho}\left[\frac{Ax+B}{a\rho}\right]^{-\frac{1}{2}}.$$

Elle a le même signe que A, donc elle est négative. La densité du courant décroît depuis l'origine jusqu'à l'extrémité ; elle a pour valeur

à l'origine $\qquad D_0 = \sqrt{\frac{I_0}{a\rho}},$

à l'extrémité $\qquad D_1 = \sqrt{\frac{I_1}{a\rho}}.$

Si nous désignons par $\Delta\theta$ l'écart de température avec la température ambiante en un point, cet écart a pour expression

$$\Delta\theta = \frac{C\rho}{k}\frac{I^2}{y^3},$$

C étant une constante et k, le coefficient de rayonnement du conducteur par unité de surface. Dans le cas étudié, on a

$$I = Ax + B = \frac{\pi^2 y^4}{a\rho}$$

d'où

$$\Delta\theta = \frac{C\rho}{k}\times\frac{\frac{\pi^4 y^8}{a^2\rho^2}}{y^3} = \frac{C\pi^4}{ka^2\rho}\,y^5.$$

L'écart de température décroît donc de l'origine à l'extrémité ; il y aura donc lieu de s'assurer que l'ordonnée y_0 à l'origine est compatible avec l'échauffement admissible du conducteur.

Quantité de métal utilisée. — Elle est donnée par l'équation (7)

$$\Phi = \int_0^{x_1}\pi y^2\,dx = \sqrt{a\rho}\int_0^{x_1}\sqrt{Ax+B}\,dx$$

$$= \frac{2}{3}\frac{\sqrt{a\rho}}{A}\times\left[(Ax_1+B)^{\frac{3}{2}} - B^{\frac{3}{2}}\right]$$

$$= \frac{2}{3}\frac{\sqrt{a\rho}}{A}\times\left[I_1^{\frac{3}{2}} - I_0^{\frac{3}{2}}\right]. \qquad (20)$$

La quantité de métal est proportionnelle à la différence de potentiel consentie entre l'origine et l'extrémité du conducteur et le facteur de proportionnalité est a

$$\frac{\Phi}{\Delta U} = a. \qquad (21)$$

Remarque. — En pratique, on substituera au profil théorique un profil en échelons correspondant aux sections usuelles de l'industrie ainsi qu'on l'a indiqué sur la figure 3.

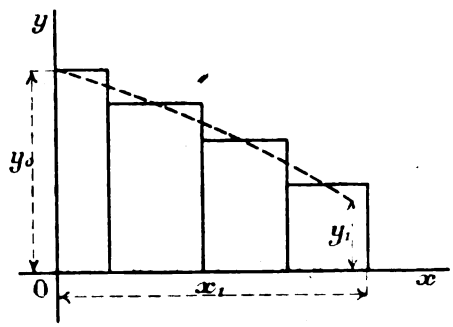


Fig. 3.

Comparaison avec un conducteur à température uniforme. — L'échauffement dans ce dernier cas est constant d'une extrémité à l'autre

$$\Delta\theta = \frac{C\rho}{k}\frac{I^2}{y^3} = \frac{C\rho}{k}\times\frac{(Ax+B)^2}{y^3} = \text{constante}.$$

Le profil théorique du conducteur est donné par l'équation

$$y^3 = \frac{C\rho}{k\Delta\theta}\times(Ax+B)^2. \qquad (22)$$

La quantité de métal utilisée a pour valeur

$$\Phi' = \int_0^{x_1}\pi\left(\frac{C\rho}{k\Delta\theta}\right)^{\frac{2}{3}}\times(Ax+B)^{\frac{4}{3}}\,dx$$

$$= \frac{3\pi}{7A}\left(\frac{C\rho}{k\Delta\theta}\right)^{\frac{2}{3}}\times\left[(Ax_1+B)^{\frac{7}{3}} - B^{\frac{7}{3}}\right]. \qquad (23)$$

Digitized by Google

La chute de tension dans le conducteur entre l'origine et l'extrémité a pour valeur x.

$$\Delta U' = \int_0^{x_1} \frac{\rho}{\pi} \frac{Ax+B}{y^2} dx = \frac{3}{2} \frac{\rho}{\pi A} \times \frac{\left[(Ax_1+B)^{\frac{2}{3}} - B^{\frac{2}{3}}\right]}{\left(\frac{C\rho}{k\Delta\theta}\right)^{\frac{2}{3}}}. \quad (24)$$

Pour comparer les deux systèmes, on adoptera comme écart de température celui qui correspond à l'origine du conducteur examiné précédemment. On a, tous calculs faits,

$$\frac{C\rho}{k\Delta\theta} = \frac{a^2\rho^2}{\pi^4 y_0^5} = \frac{(a\rho)^{\frac{3}{4}}}{\pi^{\frac{3}{2}} I_0^{\frac{5}{4}}}.$$

En substituant ces valeurs dans les expressions de Φ' et $\Delta U'$ et réduisant, ces expressions deviennent

$$\Phi' = \frac{3}{7A} \frac{\sqrt{a\rho}}{I_0^{\frac{5}{6}}} \times \left[I_1^{\frac{7}{3}} - I_0^{\frac{7}{3}}\right]. \quad (23')$$

$$\Delta U' = \frac{3}{2} \sqrt{\frac{\rho}{a}} \frac{I^{\frac{5}{6}}}{A} \times \left[I_1^{\frac{2}{3}} - I_0^{\frac{2}{3}}\right]. \quad (24')$$

On a donc, tous calculs faits,

$$\frac{\Phi}{\Phi'} = \frac{14}{9} I_0^{\frac{5}{6}} \times \frac{I_1^{\frac{3}{2}} - I_0^{\frac{3}{2}}}{I_1^{\frac{7}{3}} - I_0^{\frac{7}{3}}} = \frac{14}{9} \times \frac{\left(\frac{I_1}{I_0}\right)^{\frac{3}{2}} - 1}{\left(\frac{I_1}{I_0}\right)^{\frac{7}{3}} - 1}. \quad (25)$$

$$\frac{\Delta U}{\Delta U'} = \frac{4}{9} \times \frac{1}{I_0^{\frac{5}{6}}} \times \frac{I_1^{\frac{3}{2}} - I_0^{\frac{3}{2}}}{I_1^{\frac{2}{3}} - I_0^{\frac{2}{3}}} = \frac{4}{9} \frac{\left(\frac{I_1}{I_0}\right)^{\frac{3}{2}} - 1}{\left(\frac{I_1}{I_0}\right)^{\frac{2}{3}} - 1}. \quad (26)$$

Application numérique. — Soient les données particulières suivantes :

$I_0 = 100$ A, $I_1 = 10$ A, $x_1 = 1000$ m $= 10^5$ cm;
$\Delta U = 10$ V, $\rho = 1{,}6 \times 10^{-6}$ ohm-cm (cuivre).

On trouve

$a = 8225$;
$\Phi = 822500$ cm³, correspondant à 732 kg;
$y_0 = 0{,}605$ cm, soit une section de 114,5 mm².

Le conducteur à température uniforme satisfaisant aux mêmes conditions d'échauffement que le précédent à l'origine donne

$\Phi' = 54400$ cm³, soit en poids, 484 kg;
$\Delta U' = 18{,}2$ V.

2. PERTE EN ÉNERGIE DONNÉE LE LONG DU CONDUCTEUR. — ***Premier cas : L'intensité conserve une valeur constante sur toute la longueur du conducteur.*** — Le problème est équivalent à celui envisagé dans le premier cas précédemment étudié.

Deuxième cas : L'intensité varie linéairement le long du conducteur en fonction de la distance à l'origine. — On peut écrire

$$dW = \frac{\rho}{\pi} \frac{(Ax+B)^2}{y^2} dx,$$

$$W = \int_0^{x_1} \frac{\rho}{\pi} \frac{(Ax+B)^2}{y^2} dx; \quad (27)$$

on a, d'autre part,

$$dV' = \frac{2A\rho}{\pi} \frac{(Ax+B)}{y^2} dx - \frac{2\rho}{\pi} \frac{(Ax+B)^2}{y^3} dy,$$

$$X = \frac{2A\rho}{\pi} \frac{(Ax+B)}{y^2}, \quad Y = -\frac{2\rho(Ax+B)^2}{\pi y^3}, \quad Y' = 0, \quad Y'' = 0 \ldots$$

Les conditions du minimum deviennent ainsi

$$2\pi y - \frac{2a\rho}{\pi} \frac{(Ax+B)^2}{y^3} = 0, \quad (5''')$$

$$\pi [y_1^2 - y_0^2] + \frac{a\rho}{\pi} \left[\frac{(Ax_1+B)^2}{y^2} - \frac{B^2}{y^2}\right]. \quad (6''')$$

De (5‴) on tire l'équation du profil du conducteur

$$y^4 = \frac{a\rho}{\pi^2} [Ax+B]^2 = \frac{a\rho}{\pi^2} I^2. \quad (28)$$

L'équation (6‴) permettra de connaître l'une ou l'autre des quantités y_0 et y_1 en fonction de la seconde.

Quantité de métal utilisée. — L'équation (7) donne

$$d\Phi = \pi y^2 dx = \sqrt{a\rho}\,(Ax+B)\,dx,$$

d'où

$$\Phi = \sqrt{a\rho} \int_0^{x_1} (Ax+B)\,dx = \sqrt{a\rho} \left[\frac{A}{2} x_1 + B\right] x_1. \quad (29)$$

Différence de potentiel entre l'origine et l'extrémité. — Nous avons

$$dU = \frac{\rho}{\pi} \times \frac{Ax+B}{y^2} dx = \sqrt{\frac{\rho}{a}}\, dx;$$

d'où

$$\Delta U = \sqrt{\frac{\rho}{a}}\, x_1. \quad (30)$$

Expression de la perte en énergie W. — Transportons la valeur de y donnée par l'équation (28) dans l'équation (27); après simplification, il reste

$$W = \sqrt{\frac{\rho}{a}} \int_0^{x_1} (Ax+B)\,dx = \sqrt{\frac{\rho}{a}} \left[\frac{A}{2} x_1 + B\right] x_1. \quad (31)$$

On voit immédiatement que la quantité de métal conducteur utilisée est proportionnelle à la perte d'énergie consentie entre l'origine et l'extrémité et que le facteur de proportionnalité est a

$$\frac{\Phi}{W} = a. \quad (32)$$

Digitized by Google

De l'équation (31), on pourra d'ailleurs tirer la valeur de a en fonction des données.

Densité de courant en un point. — Soit D la densité de courant

$$D = \frac{i}{\pi y^2} = \frac{Ax + B}{\frac{\pi\sqrt{a\rho}}{\pi}(Ax + B)} = \frac{1}{\sqrt{a\rho}}.$$

Dans ce cas, la densité de courant est constante tout le long du conducteur.

3. Extension des solutions précédentes au cas des courants alternatifs. — L'étude précédente n'est valable en toute rigueur que dans le cas du courant continu ; dans le cas du courant alternatif, il y aurait lieu de faire intervenir la self-inductance du conducteur, dans laquelle entre l'expression $\log \frac{d}{y}$; mais les formules auxquelles on aboutit ne se prêtent pas à un calcul pratique. Voici comment on pourrait procéder, en première approximation ; une fois que l'on aurait déterminé, comme il est dit précédemment, le graphique en échelons substitué au profil théorique du conducteur, on remplacerait chaque tronçon par un tronçon équivalent en courant alternatif, c'est-à-dire donnant la même différence de potentiel entre ses deux extrémités sous une intensité efficace égale à l'intensité moyenne du courant continu dans le tronçon considéré.

J. L'Hermitte,
Ingénieur E. S. E.

Revues, analyses et informations

La localisation d'un défaut dans un câble (1).

Il arrive fréquemment que l'un des conducteurs d'un câble est rompu sans que le défaut apparaisse à l'extérieur ; l'auteur indique une méthode pour la recherche du point où se trouve la rupture. Les connexions pour l'essai sont indiquées figure 1 ; la force électromotrice utilisée doit être très constante et le contact en A de très faible résistance. Le câble est chargé par la batterie et séparé ensuite de cette dernière, qui est mise à la terre par D, tandis que la décharge du câble est obtenue en le mettant à la terre par C. Dans une première opération, l'extrémité du câble (celle qui est, sur la figure 1,

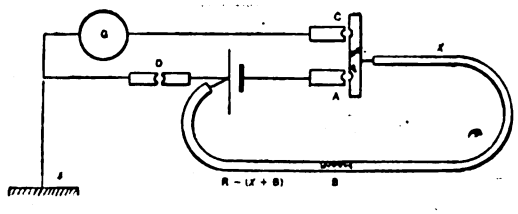


Fig. 1. — Connexions à réaliser pour la recherche d'un défaut dans un câble. R, résistance totale du circuit interrompu ; B, résistance de la partie rompue ; X et $R - (X + B)$, résistances des deux parties du conducteur.

représentée connectée directement à la batterie) est séparée du circuit. On connecte alors en D puis en A ; on enlève A et on établit le contact C : la déviation au galvanomètre est T. La deuxième opération se fait après avoir réuni l'extrémité du câble à la batterie : la déviation du galvanomètre est T'. Enfin dans une troisième opération on inverse les extrémités du câble ; la déviation est alors T_2. La figure 2 montre la distribution du potentiel dans le second et le troisième essai. Soient C_1 la capacité de la partie du câble ayant une résistance X et C_2, celle de la partie du câble de résistance $R - (X + B)$, on a alors

$$\frac{C_1, \text{chargée à } \frac{1}{2}(V + V_4) + C_2, \text{chargée à } \frac{1}{2}V_2}{C_2, \text{chargée à } \frac{1}{2}(V + V_3) + C_1, \text{chargée à } \frac{1}{2}V_4} = \frac{T_1}{T_2};$$

mais les résistances et capacités d'un câble dépendent les unes des autres, l'expression ci-dessus peut s'écrire en fonction des résistances,

$$\frac{\frac{1}{2}X(R + B - X) + \frac{1}{2}(R - X - B)(R + X - B)}{\frac{1}{3}(R - X - B)(R + B + X) - \frac{1}{2}X(X)} = \frac{T_1}{T_2};$$

d'où

$$X = \frac{\frac{T_1}{T_2}(R^2 - B^2) - (R^2 - 2RB + B^2)}{2B\left(1 + \frac{T_1}{T_2}\right)};$$

C'est la résistance en ohms de la partie du conducteur comprise entre la rupture et l'extrémité de la ligne pour

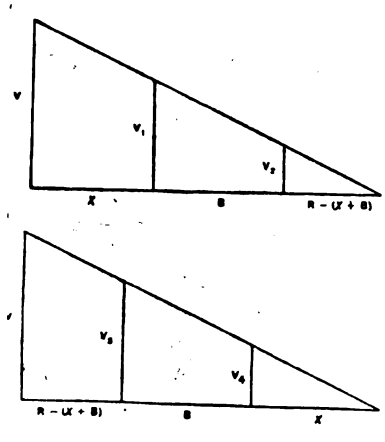


Fig. 2. — Distribution du potentiel pour le second et le troisième essai. Décharge T_1 observée avec X à la ligne. Décharge T_2 observée avec $R - (X + B)$ à la ligne.

laquelle on a observé T_1. Si les extrémités du câble ne peuvent être reliées directement aux appareils, les résistances des conducteurs nécessaires devraient être ajoutées à celle des conducteurs du câble. — E. B.

(1) Harold Olsen. *Electrical Review*, Londres, 28 avril 1922, t. xc, p. 583-584, 1 000 mots, 2 fig.

Digitized by Google

SECTION INDUSTRIELLE

Sur la normalisation des dimensions des éléments de la construction mécanique

La loi des longueurs industrielles

A la suite de la publication dans la « Revue générale de l'Electricité » du 13 mai 1922, t. XI, p. 714-716 du « Projet de normalisation des éléments de la construction mécanique », soumis à l'enquête (1) par la Commission permanente de Standarisation, M. F. Bayle, ingénieur-conseil du Syndicat de la Métallurgie de Lyon, nous a adressé l'étude qu'on lira ci-dessous. Conformément aux idées émises antérieurement par M. E. Labour (R. G. E., 4 août 1917, t. II, p. 177-179), la Commission permanente de Standarisation propose l'emploi, entre chaque division décimale, d'échelons dont les « échelonnements » croissent suivant une progression géométrique ayant pour raison une puissance fractionnaire de 10. C'est également à cette proposition que M. F. Bayle est conduit par son étude. Mais, tandis que M. Labour n'envisage que l'intercalation de 2, 4, 8, 16, 32 ou 64 échelons, suivant les besoins, et prend dès lors pour valeurs de l'exposant fractionnaire les inverses des nombres précédents, que, d'autre part, la Commission permanente de Standarisation ne propose que l'intercalation de 10, 20 ou 40 échelons et prend, par suite, les inverses de 10 20 ou 40 pour les valeurs de l'exposant fractionnaire, M. F. Bayle est d'avis qu'il convient de prévoir la possibilité d'intercalation d'un bien plus grand nombre d'échelons et prend pour exposant l'inverse de 3 024 000. Dans son étude, M. Bayle, commence par définir nettement ce qu'on doit entendre par « échelons », « échelonnements », « écartements » et « écarts »; puis, il indique comment et pourquoi il a été conduit à choisir un exposant aussi petit, choix qui donne un nombre d'échelons énormément plus grand que celui qu'exigent les applications pratiques, mais parmi lesquels il est loisible de sélectionner ceux qui paraissent s'adapter le mieux à ces applications, en particulier, ceux que la Commission permanente de Standarisation a proposés; il expose ensuite divers modes de représentation graphique des « écartements » et des écarts.

I. **Introduction.** — La « normalisation » des grandeurs géométriques utilisées par l'industrie (2) : surfaces, volumes, etc., comme aussi celle de toutes les dimensions des produits fabriqués, en donnant ici au mot dimension le sens usuel et restreint de longueurs, (le sens spécial et étendu étant celui relatif à la dimension des grandeurs et des unités des grandeurs d'espèces différentes, sens qui, sauf lorsqu'il est appliqué au cas particulier des distances linéaires, n'a plus rien de commun avec la longueur) paraît devoir être logiquement précédée par la normalisation de la dimension des « longueurs industrielles ».

Cette normalisation des longueurs, on le distingue aisément, est la fondation, l'assise sur le roc, la base du choix des dimensions linéaires de tous les objets manufacturés; par voie de conséquence, cette normalisation sera forcément le point de départ de la fabrication des produits industriels par « séries normales nationales » d'abord, et, ensuite, par « séries normales universelles », ceci en adoptant pour la numération des nombres le système décimal et pour l'expression des mesures le système des unités internationales C. G. S., c'est-à-dire le centimètre, le gramme-masse et la seconde ou le système pratique qui en dérive : le mètre, la tonne-masse et la seconde sexagésimale.

En raison de la durée et de l'énormité des conséquences du choix des longueurs industrielles, il est donc indispensable, au moment de choisir, de voir grand et loin, surtout très loin.

Il est défendu aux hommes politiques de tous les pays, sauf s'ils rêvent ou bien s'ils pérorent dans l'opposition, à l'extrême droite ou à l'extrême gauche, (bruit alimentaire de la trompette électorale ou chant du cor prophétique : pitre qui exploite la sottise et que l'on méprise, ou poète qui embellit l'avenir et qu'on

(1) Rappelons que la clôture de cette enquête, qui devait avoir lieu le 30 juin 1922, a été reportée, à la demande des intéressés, au 15 septembre 1922. Rappelons aussi que le Syndicat professionnel des Producteurs et Distributeurs d'Energie électrique a contesté la possibilité d'appliquer les séries proposées par la Commission permanente de Standardisation à la normalisation de certains éléments des machines électriques ainsi qu'à celle des tensions employées dans les distributions d'énergie électrique (*R. G. E.*, 27 mai 1922, t. XI, p. 769), et que, sur cette dernière question, M. Ch. Lavanchy a publié un article (*R. G. E.*, 24 juin 1922, t. XI, p. 926-929) où il montre que l'emploi d'une série ayant pour raison la racine 4e de 3 présente de nombreux avantages dans ce domaine.

(2) Travaux de la Commission locale de normalisation de la Chambre syndicale des Industries métallurgiques et connexes du département du Rhône et de la Région.

Digitized by Google

aime malgré soi) il est défendu, dis-je, aux hommes de gouvernement de porter leurs regards par deçà le proche lendemain, sous peine de se séparer des réalités; mais le contraire est imposé à ceux qui prétendent se faire les législateurs, non des coutumes locales ou nationales, mais des habitudes mondiales, à ceux qui veulent fixer les règles de la future production universelle.

Aussi faut-il, à l'occasion de la normalisation des « longueurs », jeter les yeux au delà du présent; il faut penser pour l'humanité.

II. **Définitions provisoires. Echelonnement arithmétique des longueurs.** — Considérons l'unité internationale de longueur, le centimètre, ou une unité pratique dérivée de la précédente, multiple ou sous-multiple décimal : le millimètre, le décimètre, le décamètre, le kilomètre, etc...

Choisissons le centimètre, par exemple, comme étant l'unité pratique de longueur le plus fréquemment employée dans tel ou tel genre de travaux; le raisonnement serait d'ailleurs le même avec toute autre unité.

Sur une ligne horizontale portons, à la suite, dix longueurs égales à l'unité, séparées par un point. Ce point, sorte de barreau dans une échelle, a été appelé un échelon. Remarquons en passant, car le fait a son importance, que la longueur totale ainsi obtenue représente précisément le décimètre, c'est-à-dire l'unité décimale pratique immédiatement supérieure à l'unité qui a servi de point de départ : le centimètre.

Les échelons sont désignés par leur numéro d'ordre et chacun de ces mêmes numéros est aussi le chiffre-mesure des diverses longueurs comptées depuis l'origine jusqu'à l'échelon considéré; de sorte que, d'après la terminologie employée par la Commission permanente de Standardisation du Ministère du Commerce l'échelon est un point de division et l'échelonnement une longueur; le point, ou échelon 4, se trouve à l'extrémité d'une longueur, d'un échelonnement de 4 [L] ou 4 [centimètres]; de même pour les échelons 5, 7 et 10.

Si la longueur totale était divisée par 100 ou 1 000 échelons équidistants, le numéro de l'échelon serait encore la mesure de l'échelonnement, en centimètres, à condition de considérer le dernier ou les deux derniers chiffres du numéro d'ordre comme une ou deux décimales.

On voit que chaque échelonnement, ou segment de longueur, compté à partir de l'origine, est égal au précédent, augmenté d'une longueur constante, ici le centimètre; de sorte que les distances d'un échelon à l'autre, ou écartements, sont des longueurs égales; les échelons sont équidistants.

Au contraire, les échelonnements sont des longueurs croissantes dont les diverses mesures augmentent, l'une par rapport à l'autre, comme les termes numériques d'une progression arithmétique dont la raison serait égale au premier terme.

En conservant également la définition de la Commission permanente de Standardisation, on appelle « écart » le nombre obtenu en faisant le rapport de la mesure de la longueur du segment compris entre l'origine et un certain échelon, l'échelon 6, par exemple, à la mesure de l'échelonnement compris entre l'origine et l'échelon immédiatement précédent, l'échelon 5.

L'écart est donc $6/5 = 1{,}20$.

Signalons au passage que cette définition donne au mot « écart » un sens nouveau qu'il faut apprendre à connaître, sans aucun rapport avec le sens habituel : écart, écartement, distance de deux objets ; une telle nouveauté entraîne toujours des inconvénients pratiques ; il vaudrait mieux, croyons-nous, employer un autre terme, au besoin créer un néologisme qui désignerait le nombre que la Commission appelle « écart » (car ce mot sera souvent prononcé), à l'aide d'un vocable auquel on ne pourrait pas accorder, comme au précédent, la signification d'écartement et de distance: avec le mot « écart » la confusion est inévitable.

D'ailleurs, le mot « échelonnement », employé pour désigner un segment de longueur ne paraît pas non plus très recommandable ; toutefois, l'essentiel étant de s'entendre, il suffit simplement d'avoir les définitions présentes à la mémoire chaque fois que les lèvres prononcent les mots; c'est pourquoi il est indispensable de les rappeler ici (1).

On voit donc, alors que les « échelonnements » augmentent régulièrement d'une même longueur, alors que les « écartements-distance » sont égaux, que les « écarts », c'est-à-dire les nombres 2/1, 3/2, 4/3, 5/4,... 10/9, vont, au contraire, toujours en diminuant.

On a ainsi divisé le décimètre en un certain nombre de longueurs échelonnées. Est-ce là un échelonnement industriel ? Peut-on pratiquement recommander d'adopter, de préférence, les longueurs décimales ainsi distribuées à l'exclusion des longueurs intermédiaires ? Il est visible que non; aux environs de l'extrémité du décimètre les échelons sont trop rapprochés ; aux environs de l'extrémité du centimètre, ils sont trop éloignés ; on peut, il est vrai, diviser chaque échelon en

(1) Ajoutons qu'il serait intolérable qu'un poète, un orateur ou un littérateur se permissent des néologismes : il est juste que les grammairiens se jettent sur eux et les dévorent quand ils prennent de telles libertés ; nous avons une langue, un vocabulaire, suffisants pour qu'ils puissent exprimer tout ce qu'ils ont à nous dire sans création nouvelle ; ou bien leurs néologismes ont déjà des synonymes, alors ils sont inutiles, ou bien, les poètes et les philosophes ayant tout dit, le mot nouveau ne représente rien, alors il est dangereux.

On ne peut pas laisser chaque jour bouleverser la langue par quelques décadents, cubistes ou futuristes.

Mais pour ce qui est du langage technique, du langage des affaires et surtout de la terminologie du travail, les poètes, les philosophes et les grammairiens, ayant eu mieux à faire autrefois que de codifier cette vile partie de la langue, ne nous ont rien légué ; le dictionnaire des poètes est archiplein, celui des travailleurs est vide. On peut donc hardiment créer des mots nouveaux, car on ne bouleversera pas, ce faisant, le trésor de nos pères. De plus, les grammairiens, comme jadis, négligeant le langage des bureaux et des ateliers pour celui des chaires et des salons, leurs critiques ne gêneront personne.

Digitized by Google

dix, cent parties et porter le nombre total des échelons à 100, 1 000, etc. ; malgré cette nouvelle division, dans chaque cas, l'accroissement des échelonnements, l'écartement des échelons, reste constant ; aussi l'inconvénient précédent se retrouve-t-il entièrement.

En effet, si les échelons sont maintenant à bonne distance vers l'extrémité du décimètre, ils sont serrés, tassés les uns sur les autres vers l'extrémité du centimètre ; de plus, ils sont en trop grand nombre ; dans ces conditions, les recommander tous comme échelons préférentiels c'est n'en recommander aucun et laisser chacun libre de son choix ; l'anarchie continue.

Si l'on veut choisir parmi eux une catégorie d'échelons privilégiés, qui les choisira et d'après quelle règle ?

Telles sont les deux questions posées et voici les réponses : le choix sera exercé par les commissions de normalisation locales, nationales, universelles ; la règle du choix sera l'échelonnement géométrique, règle proposée par la Commission permanente de Standardisation.

III. **Echelonnement géométrique des longueurs.** — 1. La continuité, qui est la propriété essentielle de la chose indéfinissable vers laquelle chacun porte son esprit à l'audition du mot longueur, permet, entre une unité pratique, le mètre par exemple, et son multiple décimal, le décamètre, d'introduire un nombre extrêmement grand, un nombre illimité d'échelons divisionnaires, dont chacun définit un des segments de longueur successifs, segments qui s'augmentent régulièrement, l'un par rapport à l'autre, d'une quantité constante ; échelonnements dont les écarts vont, comme nous l'avons vu, en diminuant de plus en plus.

Pour bien justifier l'abandon de ce genre de distribution des longueurs, non aux yeux des spécialistes, mais aux yeux de tous, répétons que la pratique montre qu'entre deux unités décimales, le centième de millimètre et le dixième de millimètre, le millimètre et le centimètre, le centimètre et le décimètre, le décimètre et le mètre, le mètre et le décamètre, le kilomètre et le myriamètre, etc., on a *industriellement* besoin d'un certain nombre d'échelons inégalement écartés, nombre d'ailleurs variable, qui ne peut pas être le même entre le micron (millième de millimètre) et le centième de millimètre, qu'entre le kilomètre et le myriamètre ; toutefois, ce nombre n'est pas très grand ; deux ou trois échelons suffisent dans certains cas ; 10, 50, 100 dans certains autres ; provisoirement, nous admettrons que le nombre maximum pratiquement utile, entre une longueur unité et son multiple décimal, est de mille. Actuellement, entre un décimètre et un mètre, on peut insérer 900 000 microns qui déterminent 900 000 échelons placés à distances égales ; ce nombre est trop grand ; parmi ceux-ci, nous choisirons, à distances variables, des échelons privilégiés, au « nombrage » 1 000, 100, 10, 5, 4, 2, ou 1 seulement, qui définiront les longueurs préférentielles entre un décimètre et un mètre.

2. Des échelons serrés, si on employait pratiquement toutes les longueurs qu'ils déterminent, conduiraient les constructeurs à établir un grand nombre de séries industrielles d'objets de forme générale identique, mais de dimensions (1) très rapprochées les unes des autres ; certaines séries seraient d'une vente courante, d'autres seraient rarement achetées. La fabrication de nombreuses séries industrielles de « dimensions » différentes (2) exige du constructeur un outillage surabondant ; elles rendent coûteux l'approvisionnement des magasins, en raison des immobilisations qu'elles imposent.

Le calcul étroit des dimensions d'un objet industriel par rapport aux services qu'on en attend (diamètre correspondant à l'effort imposé à un boulon, un tirant, etc.) procure au constructeur et à l'acheteur une économie sur la dépense de matière ; mais, par contre, l'objet, s'il n'appartient pas à une série commerciale usuelle, coûte cher comme étude, frais généraux, frais d'outillage et main-d'œuvre.

Par conséquent, suivant que la dépense d'étude et de main-d'œuvre l'emporte sur la dépense de matière ou réciproquement, le principe de la moindre dépense pour un résultat donné conduira l'acheteur à préférer soit une pièce étroitement calculée par rapport au poids de matière, soit une pièce de série commerciale largement établie par rapport à la matière, mais ne correspondant qu'à une moindre dépense d'étude et de main-d'œuvre.

Quels sont donc, par exemple, les diamètres à donner aux roues des voitures automobiles pour faciliter leur approvisionnement en pneumatiques ? Si chaque automobiliste avait son diamètre de roues personnel, le nombre des diamètres serait extrêmement grand ; comme il faudrait qu'il choisisse ou qu'il commande un bandage spécialement à son usage, il en connaîtrait le prix.

Aussi a-t-on normalisé les diamètres des roues.

Si, même pour les roues normalisées, on avait choisi mille diamètres préférentiels, le nombre des échelons eut encore été pratiquement beaucoup trop grand et ceci inutilement : vraisemblablement, le nombre des échelons ne dépasse guère la dizaine, si même il l'atteint.

Et le diamètre du pneumatique lui-même ? Chaque voiture ayant un poids particulier et même un poids variable, il est impossible que ses roues soient munies du cordon souple qui lui convient le mieux à tous les moments ; si le pneumatique est établi pour la voiture en charge, il est alors trop volumineux pour la voiture vide et réciproquement.

Aussi a-t-on normalisé les diamètres des pneumatiques. Le consommateur achète non pas le pneumatique spécial qui convient le mieux à sa voiture, mais le pneumatique de la série commerciale qui se rap-

(1) Le mot « dimension » est pris au sens restreint et concret de dimension linéaire (rapport de similitude).

(2) Le mot « dimension » est pris au sens étendu et abstrait ; la « dimension » de la série.

Digitized by Google

proche le plus de celui qu'il souhaitait acquérir ; peut-être le pneumatique commercial sera-t-il un peu trop gros, peut-être contiendra-t-il un peu trop de caoutchouc, néanmoins son prix de fabrication et, par suite, son prix d'achat par le consommateur sera plus avantageux.

Nous nous sommes un peu étendu sur ce cas simple de normalisation spontanée pour en tirer une conclusion ; il a suffi que quelques diamètres « préférentiels » aient été déterminés, vraisemblablement sans règle, d'après la coutume, pour que, parmi ces dimensions récommandées par l'usage, la libre recherche du moindre prix de revient et de vente ait abouti à éliminer certaines dimensions inutiles et à concentrer les fabrications sur un petit nombre de diamètres privilégiés et normaux.

Ces cas simples ont été facilement résolus, sans congrès, sans réunion générale de tous les intéressés; les échelonnements en surnombre ont disparu en quelque sorte *automatiquement*.

Mais il est des cas nombreux, plus compliqués, qui ne se résoudront pas aussi aisément.

C'est à l'ingrate recherche de la solution la plus convenable pour ces divers cas que la Commission permanente de Standardisation consacre ses travaux; il n'en est guère de plus utiles.

Mais qui pourrait dire dès aujourd'hui quelles sont les fabrications qui, une à une, se normaliseront? Qui pourrait fixer d'avance le nombre minimum des dimensions de ces produits industriels inconnus? Personne.

D'où il résulte que, pour préparer la normalisation des segments industriels de la « longueur », considérée ici comme une grandeur isolée, c'est-à-dire sans envisager encore aucune application spéciale, normalisation primitive d'où découleront, par la suite, toutes les normalisations industrielles particulières, il suffit d'adopter une règle très simple et surtout très générale, capable « d'extensivité et de restrivité » pratiquement indéfinies, déterminant d'abord un nombre d'échelons surabondants, car ce nombre importe peu au début, échelons dont les écartements variables seront tous assujettis à une même loi ; les nombreux industriels qu'une règle d'une utilité aussi évidente intéresse dès aujourd'hui doivent pouvoir trouver dans cette règle fondamentale tous les échelons immédiatement applicables à leur propre industrie au moment même où ils abordent l'étude de la normalisation de leurs fabrications.

Certes il est utile, dans les applications particulières, de recommander l'adoption immédiate d'un petit nombre d'échelons préférentiels chaque fois que cette réduction du nombre des longueurs normales est possible; mais, pour faire accepter par l'industrie, en général, une segmentation irrégulière de la longueur, grandeur prise en soi, c'est à-dire pour remplacer les échelonnements arithmétiques usuels par une distribution géométrique des échelons divisionnaires, il est nécessaire que ceux-ci soient nombreux, afin de réserver aux usagers un large choix pendant la période de transition; cette liberté sera également nécessaire pour les fabrications nouvelles de l'avenir, qu'aujourd'hui nul ne connaît.

Ensuite, une fois la règle générale fixée, il faut s'en remettre au libre jeu de la concurrence industrielle pour, le temps aidant, éliminer *automatiquement* les dimensions inutiles et pour réduire le nombre des échelons au strict nécessaire. Une industrie dont les usines éparses sur la terre ne construisent que quelques variantes normalisées d'un même objet, d'usage universel, est une industrie vieillissante, et non une industrie née de la veille.

3. De tout ce qui précède il résulte que la pratique montre que les divers échelons des longueurs préférentielles, quel que soit leur nombre, petit ou grand, ne doivent pas être équidistants, mais, au contraire, à écartements variables et croissants d'une façon telle que la distance entre un échelon et le précédent soit sensiblement proportionnelle à la longueur du segment déterminé par l'échelon précédent. Cette condition, comme nous le verrons, conduit à choisir des longueurs échelonnées successives, dont les mesures croissent les unes par rapport aux autres comme les termes numériques d'une progression géométrique.

Dans ces conditions nouvelles, les échelons continuent à être numérotés dans l'ordre des chiffres entiers, le zéro étant à l'origine; mais leur numéro d'ordre cesse d'être en même temps, comme dans le cas spécial précédent, le nombre qui exprime la mesure de la longueur des échelonnements successifs.

En conséquence, les échelons pourront donc être désignés soit par leur numéro d'ordre, soit par la mesure du segment de longueur compris entre l'origine et l'échelon considéré.

IV. La loi des longueurs industrielles. Série géométrique générale des longueurs normales. Mesures préférentielles théoriques. — 1. Comme suite à la recommandation du début : voir grand et très loin, nous proposons d'adopter comme loi générale de détermination des mesures des longueurs industrielles croissantes les chiffres des séries géométriques de bases : 0,001, 0,01, 0,10, 1, 10, 100, etc. et de raison : racine 3 024 000 de dix.

Essayons de justifier cette proposition.

Tout d'abord, avec l'usage universel de la numération décimale et du système de mesures métriques, la raison de forme $\sqrt[n]{10}$ s'impose; aussi est-elle déjà adoptée (Renard).

En effet, si on élève $\sqrt[n]{10}$ à la puissance n, on trouve

$$\left(\sqrt[n]{10}\right)^n = \left(10^{\frac{1}{n}}\right)^n = 10^{\frac{n}{n}} = 10.$$

Elevée à la puissance $2n$, on trouve

$$\left(\sqrt[n]{10}\right)^{2n} = 10^2 = 100,$$

Digitized by Google

à la puissance $3n$, on trouve

$$\left(\sqrt[n]{10}\right)^{3n} = 1\,000\text{; etc.}$$

La propriété spéciale de la raison $\sqrt[n]{10}$, qui fait que

$$\left(\sqrt[n]{10}\right)^{0} = 1, \quad \left(\sqrt[n]{10}\right)^{n} = 10, \quad \left(\sqrt[n]{10}\right)^{2n} = 100, \text{ etc.,}$$

permet, en conséquence, d'insérer n échelons entre l'échelon qu'on ne compte pas, qui marque la fin de la première unité, et celui qui marque la fin de la dixième unité de tout groupe de dix unités de longueur juxtaposées, qui est compté. Or, tout groupe de dix unités de longueurs, d'une certaine dimension, juxtaposées, forment précisément l'unité décimale immédiatement supérieure, de dimension dix fois plus grande (1).

Autrement dit, la raison $\sqrt[n]{10}$ permet d'insérer n échelons entre un millimètre et un centimètre, entre un centimètre et un décimètre, entre un décimètre et un mètre, entre un mètre et un décamètre, entre un kilomètre et un myriamètre, etc.

On comprend aisément qu'entre un kilomètre et un myriamètre, on peut être appelé pratiquement à insérer un nombre d'échelons plus grand qu'entre un millimètre et un centimètre.

De là, nécessité, après avoir mis sous le radical, le nombre 10, d'adopter pour le nombre n une valeur numérique capable soit de placer 1 000 échelons entre un kilomètre et un myriamètre, soit seulement 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 ou 10 échelons à écartements, variables, entre un millimètre et un centimètre. De là aussi, le choix, pour l'indice de la racine, de la raison du nombre $n = 3\,024\,000$.

En faisant varier l'indice unité par unité, la raison $\sqrt[n]{10}$ où $n = 3\,024\,000$ permet d'insérer entre une unité de longueur et l'unité décimale supérieure, 3 024 000 échelons; c'est beaucoup plus que la pratique ne peut l'exiger pour les besoins usuels : on négligera donc un certain nombre d'échelons inutiles pour adopter seulement un autre certain nombre d'échelons utiles qui deviendront les échelons préférentiels et qui détermineront les segments usuels de longueur, autrement dit, qui détermineront les *longueurs industrielles normales*.

Or, si, l'origine étant zéro et l'unité le centimètre, après avoir inséré 3 024 000 termes, on prend pour premier segment préférentiel de longueur celui qui est limité par l'échelon 3 024, puis pour deuxième segment celui qui est limité par l'échelon $3\,024 \times 2 = 6\,048$, puis celui limité par l'échelon $3\,024 \times 3$, etc., on aura ainsi déterminé périodiquement 1 000 longueurs préférentielles, comprises entre l'unité de longueur et son multiple décimal qui forme l'unité suivante.

Avec un indice égal à 30 240 000, on pourrait obtenir 10 000 longueurs préférentielles et 100 000 avec l'indice 302 400 000, etc.

(1) « Dimension », au sens étendu et restreint, à la fois.

Mais ce nombre de 1 000 échelons, admissible peut-être entre un kilomètre et un myriamètre, est, de toute évidence, inutilisable pratiquement entre un dixième de millimètre et un millimètre, du moins pour les usages industriels habituels, car le millième de millimètre est d'un usage fort habituel en métrologie.

Quel nombre faut-il admettre dans ce dernier cas ? Il est bien difficile de la savoir exactement.

Mais, par contre, nous savons que le choix de l'indice 3 024 000 permet, *à volonté*, d'insérer, comme il a été dit, entre l'unité et son multiple décimal, un nombre d'échelons égal à (1) :

								1 000
900,	800,	700,	600,	500,	400,	300,	200,	100
10,	80,	70,	60,	50,	40,	30,	20,	10
9,	8,	7,	6,	5,	4,	3,	2,	1.

Le nombre 3 024 000 possède, outre les précédents, beaucoup d'autres diviseurs que nous n'écrivons pas attendu que le choix peut s'exercer comme ci-dessus, entre 1 et 1 000, nous supposons provisoirement que c'est suffisant.

Donc ainsi, les besoins actuels, puisque on peut introduire soit un seul, soit 1 000 échelons, peuvent recevoir satisfaction et, de plus, la possibilité de répondre à tous les besoins futurs est aussi pleinement réservée.

Attendu qu'on peut introduire dans chaque dizaine, à volonté, soit 1, 2, 3, 4, soit 100, 200, 300, 400 échelons, la règle possède donc la restrictivité et l'extensivité nécessaires pour tous les cas de la période de transition et de la période finale d'équilibre.

2. Prévoyons cependant des objections : si la raison proposée pour la loi géométrique des longueurs croissantes n'était pas jugée la plus convenable, on pourrait déduire celle à choisir de la formule générale suivante

$$B^{\frac{1}{p!\,Bq}}$$

dans laquelle B est la base du système de la numération; $p!$ l'expression factorielle d'un nombre quelconque; Bq, une puissance arbitraire de la base du système de la numération.

La raison que nous proposons, en la supposant capable de répondre aux besoins actuels, est un cas particulier de la précédente soit

$$10^{\frac{1}{M.10^3}} = 10^{\frac{1}{3024.10^3}}$$

avec

$$M = 2 \times 5 \times 6 \times 7 \times 8 \times 9 = 30\,240.$$

En prenant comme indice de la racine choisie pour raison, un nombre n plus petit que l'unité, on abouti-

(1) On pourrait insérer 10 000 et 100 000 par application de la formule générale $10^{\frac{1}{p!\,10q}}$ citée plus loin.

Digitized by Google

rait à la même loi géométrique, mais applicable aux longueurs décimales décroissantes.

Sur une ligne horizontale, à partir de l'origine zéro et à une échelle choisie, portons une unité de longueur 1 $[L]$ ou l_0 ; le premier échelon qui détermine ensuite le premier segment de longueur, plus grand que l'unité, est porté à une distance de l'origine égal à

$$1\,[L] \times \alpha = \alpha\,[L],$$

le deuxième à une distance

$$1\,[L] \times \alpha^2 = \alpha^2\,[L],$$

le troisième à

$$1\,[L] \times \alpha^3 = \alpha^3\,[L],$$

le $n^{ième}$ à

$$1\,[L] \times \alpha^n = \alpha^n\,[L].$$

On voit qu'ici le numéro d'ordre de l'échelon, n, diffère de la mesure de la longueur comprise entre l'origine et l'échelon n ; en effet, cette mesure est α , l'unité correspondante à ce nombre étant la longueur comprise entre o et 1. Un échelon peut donc être désigné, comme nous l'avons déjà fait remarquer, de deux manières, soit par son numéro d'ordre, soit par la mesure du segment qu'il détermine à partir de l'origine.

D'une autre façon, — (la vulgarisation de la règle nécessitera une grande variété d'explications) — l'origine étant zéro, l'unité de longueur est

$$l_0 = l_0\alpha^0.$$

Le premier échelon, situé au delà de l'unité de longueur, est à la distance de l'origine

$$l_1 = l_0\alpha,$$

le deuxième, à la distance

$$l_2 = l_0\alpha^2 = l_1\alpha,$$

le troisième à la distance

$$l_3 = l_0\alpha^3 = l_2\alpha,$$

le quatrième à

$$l_4 = l_0\alpha^4 = l_3\alpha,$$

le $n^{ième}$ à

$$l_n = l_0\alpha^n = l_{n-1}\,\alpha.$$

L'écart, défini comme plus haut, entre un échelon et le précédent est

$$\frac{l_3}{l_2} = \frac{l_0\alpha^3}{l_0\alpha^2} = \alpha.$$

Cet écart est le même pour tous les échelons. Au contraire, la distance ou écartement entre les échelons est variable et croissante. On a, par exemple,

$$l_5 = l_0\alpha^5 = l_4\alpha = l_4 + (\alpha - 1)\,l_4,$$
$$l_6 = l_0\alpha^6 = l_5\alpha = l_5 + (\alpha - 1)\,l_5.$$

Donc, l'écartement est la longueur

$$e = l_6\,[L] - l_5\,[L] = (\alpha - 1)\,l_5\,[L] = k_1 l_5\,[L].$$

Cet écartement, entre l'échelon l_5 et l'échelon l_6, est égal à la longueur du précédent échelonnement $l_5\,[L]$, multipliée par le nombre fixe : $k = \alpha - 1$.

Par conséquent, l'écartement entre un échelon donné et le précédent est bien, comme on l'a indiqué au début, proportionnel au segment de longueur compris entre l'origine et l'échelon qui précède le premier.

3. Il faut noter la remarque utile de la Commission permanente de Standardisation : le rapport de la mesure d'une longueur industrielle à la mesure de la longueur immédiatement précédente, « l'écart » théorique, étant égal à 1,259, il en résulte que l'écart théorique entre les mesures des surfaces carrées, ayant pour côté deux longueurs industrielles consécutives est égal à 1,59 ; et l'écart entre les cubes, ayant pour côté deux longueurs normalisées consécutives, est égal à 2 ; chaque volume ainsi déterminé est à peu près le double du précédent.

V. Mesures préférentielles pratiques. — Les longueurs des échelonnements théoriques, en raison même de leur mode de détermination et de l'inégalité de l'écartement des échelons, ne coïncideront pas, en général, avec des mesures décimales, estimées en nombres entiers de centièmes et de dixièmes de millimètre, en nombres entiers de millimètres, centimètres, décimètres, etc.

En pratique, on compte par nombres entiers d'unités décimales, d'ailleurs de dimension quelconque ; donc, on sera amené à abandonner les longueurs préférentielles *théoriques* dont la mesure conduit généralement à des nombres incommensurables, pour adopter des mesures préférentielles *pratiques* ; ces dernières seront les mesures théoriques qui, après avoir été arrondies, se rapprocheront davantage, soit en moins, soit en plus de la mesure préférentielle déduite de la loi théorique. De sorte que les écarts entre les mesures préférentielles théoriques, tous égaux, deviendront inégaux entre les mesures préférentielles pratiques.

VI. Les graphiques. — 1. Pour apprendre à connaître visuellement la valeur des « écarts » (rapports) et des « écartements » (longueurs), on les calculera et on en tracera les lois graphiques, soit comme le fit la Commission permanente de Standardisation (voir les graphiques du fascicule X-I du 31 mars 1922 que nous ne reproduisons pas ici, pour abréger cette étude et qui, d'ailleurs, ont été déjà publiées dans le numéro de cette Revue du 13 mai 1922, t. XI, p. 715) en utilisant des

Digitized by Google

ordonnées et des abscisses ramenées à une échelle logarithmique, soit, comme ci-dessous (fig. 1), en représentant les nombres par des longueurs qui leur sont proportionnelles.

Portons en abscisse une longueur OX de 10 cm; éle-

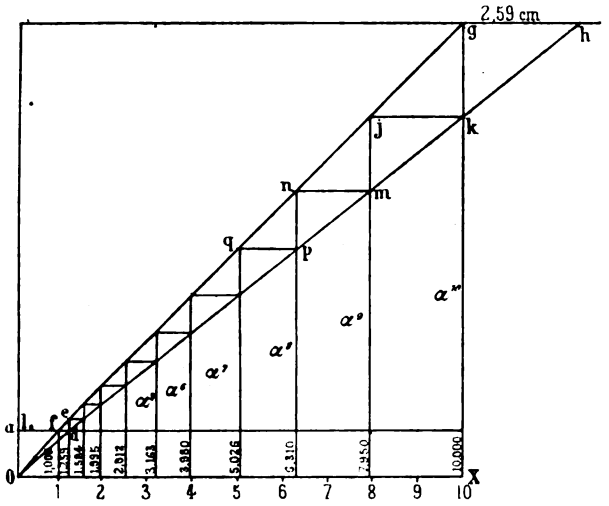


Fig. 1. — Graphique pour la détermination des valeurs des longueurs correspondant à 10 échelons intermédiaires d'après la progression géométrique ayant pour raison $\sqrt[10]{10}$.

Démonstration.

$$\frac{fd}{gh} = \frac{of}{og} = \frac{1}{10} \quad \text{d'où} \quad gh = 10\,fd = 10 \times 0{,}259 = 2{,}59.$$

$$\frac{fd}{jk} = \frac{of}{oj} = \frac{1}{7{,}95} \quad \text{d'où} \quad jk = 7{,}95 + 0{,}259.$$

Raison $= \alpha = 1{,}25$.

vons la perpendiculaire $Xg = OX$; par g, menons une parallèle à OX et portons

$$gh = 10\,(\sqrt[10]{10} - 1) = 2{,}59 \text{ cm}.$$

Joignons og et oh; cette dernière ligne coupe Xg en k; menons jk et jm, parallèlement aux axes; puis mn et np, etc.; les ordonnées passant par k, m, p, etc., sont les dix longueurs échelonnées; elles sont, d'ailleurs, égales aux distances de l'origine aux pieds des ordonnées sur la ligne d'abscisse.

Les dix longueurs théoriques sont

1 1,259 1,584 1,995 2,512 3,163 3,984 5,021 6,310 7,951 10

Les échelles logarithmiques des figures de la Commission permanente de Standardisation offrent des avantages spéciaux qui manquent ici; par contre, cette figure, qui respecte les proportions, montre à l'œil le rapport des diverses longueurs industrielles entre elles, la valeur relative des écartements des échelons successifs (longueurs) et aussi celle des écartements, si le mot convient encore ici, entre les surfaces construites sur ces longueurs.

On peut aussi se borner à faire comme suit (fig. 2); portons sur une horizontale 10 longueurs égales; sur l'ordonnée 10, portons une longueur Xg égale à dix fois la raison de la progression géométrique diminuée d'une unité, soit 2,59, et joignons og; cette droite

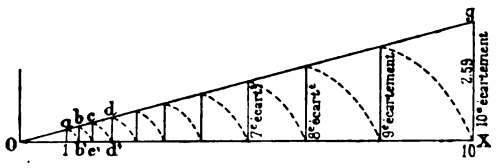


Fig. 2. — Autre graphique pour cette même détermination.

coupe l'ordonnée 1 en a; rabattons le point a sur l'axe en b', puis élevons l'ordonnée b'b; rabattons le point b en c' et élevons c'c, etc.; les points ainsi rabattus sont les échelons de la série (à dix termes) des longueurs industrielles théoriques.

Pour comparer les longueurs pratiques et les longueurs théoriques, on procède soit comme le fit la Commission, soit de la manière suivante (fig. 3). Sur

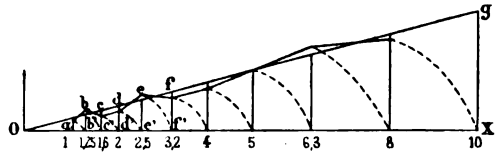


Fig. 3. — Graphique de comparaison des longueurs théoriques et des longueurs pratiques.

l'axe des X, on portera les longueurs pratiques suivantes, arrondies

1 1,25 1,6 2 2,5 3,2 4 5 6,3 8 et 10.

Par le point 10, on élève une ordonnée de longueur 2,59 et on joint og; c'est la droite qui détermine les écarts théoriques; ensuite, on rabat le point b' en a sur l'ordonnée précédente; c' en b, etc.; et on voit que la droite og, qui définissait des écartements proportionnels, est remplacée par une ligne brisée, peu différente, qui définit les écarts pratiques irréguliers.

Enfin, on peut encore étudier les « écarts » comme suit (fig. 4). L'écart normal théorique, constant et égal

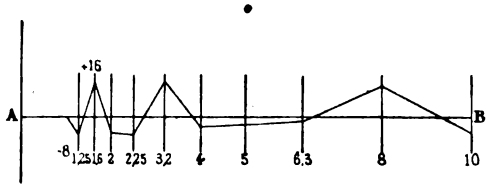


Fig. 4. — Autre graphique de comparaison.

à 1,259, est représenté par une parallèle AB à l'axe des X, à une distance de 1000 mm de celle-ci. Sur cette droite AB, portons à leur échelle les longueurs arrondies.

Digitized by Google

Les écarts pratiques successifs sont

1,25	1,6	2	2,5	3,2	4	5	6,3	8	10
1	1,25	1,6	2	2,5	3,2	4	5	6,3	8
1,250	1,280	1,250	1,250	1,280	1,250	1,250	1,260	1,269	1,250

Puisque l'écart théorique du premier échelon 1,259 est représenté par 1 000 mm, l'écart pratique 1,250, plus petit que l'écart théorique, est représenté par 992 mm, soit 8 pour 1 000 en moins; l'écart pratique du deuxième échelon 1,280, plus grand que l'écart théorique, est représenté par 1 016 mm, soit 16 pour 1 000 en plus, etc.; on obtient ainsi la ligne brisée de la figure 4. Pour abréger, nous supprimons les démonstrations faciles à établir pour chaque figure.

2. En ce qui concerne la fixation des cotes pratiques arrondies, il semble qu'il serait ridicule de se laisser guider, et on pourrait soupçonner les plus anciers usagers du système de mesures décimales de ce travers, par le préjugé métrique, qui déclare nobles les mesures exprimées en millimètres, centimètres, mètres et ignobles les cotes de 1,5 mm ou de 12,75 mm. Le cinquième, le quart, le tiers même de millimètre sont des mesures utilisables dans l'industrie mécanique, le demi-millimètre devrait être d'usage courant.

Enfin, les cotes de 32 ou 63 cm ne sont point bâtardes! Industriellement, elles valent tout autant que celles de 30 ou 60 cm.

Aussi, il ne serait pas déraisonnable, pour les dix longueurs préférentielles à insérer entre un centimètre et un décimètre, de les arrondir au demi-millimètre; entre un décimètre et un mètre, au quart ou au cinquième de centimètre; entre un mètre et un décamètre, au dixième de mètre, etc.; tandis qu'entre un millimètre et un centimètre, on pourrait arrondir au dixième, au cinquième, au quart et même, dans certains cas spéciaux, au tiers de millimètre; entre un centième et un dixième de millimètre, on arrondirait au centième, etc.; quelques conventions peuvent régler la question, quoique la difficulté croisse sensiblement lorsque le nombre de termes augmente.

3. Les longueurs normales préférentielles pratiques ainsi déterminées, pour ne pas jeter le trouble dans les normalisations réalisées, devraient comprendre les longueurs normales déjà en usage; on peut y arriver en choisissant un nombre d'échelons plus ou moins grand qui permettra de faire coïncider les longueurs des échelonnements géométriques qui seront adoptés, avec celles déjà normalisées et que l'on veut conserver provisoirement ou définitivement. Ces dernières appartiendront, suivant le cas, à des séries de 50, 100, 200 termes, etc.

VII. **Conclusion.** — Comme nous l'avons fait remarquer, il est extrêmement important d'adopter une règle de détermination des longueurs normales. Attendu que la loi arithmétique décimale est inutilisable, la création de cette règle sera un fait nouveau dont pourront découler, sans aucun effort, les plus heureuses conséquences. Par contre, s'il est essentiel de prendre une décision de principe au sujet d'une loi de variation des longueurs industrielles, en général, sans avoir ici en vue aucune application spéciale; il semble, au contraire, inutile de dépenser de grands efforts pour fixer et imposer dès maintenant le nombre des termes de la série *la plus nombreuse*, c'est-à-dire le nombre maximum des échelons; en raison des habitudes et aussi en raison de l'existence des stocks et de l'outillage, de nombreux cas d'indiscipline seront inévitables si les échelons sont en petit nombre; il serait plus pratique de déterminer un nombre surabondant de longueurs préférentielles à variations géométriques. Une grande latitude de choix étant ainsi laissée à tous (du moins dans les cas où le nombre des dimensions n'est pas déjà arrêté), nul ne serait rebelle à la loi; ensuite, la règle de conduite humaine qui fait rechercher par chacun le résultat voulu au moindre prix de revient par le fabricant, et au moindre prix d'achat par le consommateur, viendra compléter la première et conduira obligatoirement le producteur à offrir, le consommateur à demander la réduction du nombre des échelons au strict minimum compatible avec les exigences de la pratique, du moins dans la partie des affaires où la vente des produits fabriqués n'est pas soumise aux caprices de la mode du jour.

Les séries à 5, 10 ou 20 termes pourraient être immédiatement recommandées comme séries usuelles; les autres seraient des séries exceptionnelles; des tables complètes renseigneraient le public.

En résumé, s'il est bon de limiter dès la première réglementation le nombre des échelons de longueur dans les applications spéciales, exemple, les longueurs normales de la visserie, il serait contraire au but recherché d'agir de même pour le cas des longueurs, en général lorsqu'on ne vise aucune application pratique déterminée; les industriels doivent pouvoir dire pendant longtemps encore : sous la loi, nous restons libres de choisir nos longueurs préférentielles dans les séries les plus nombreuses.

Ensuite, un à un, ils se placeront volontairement sous le joug des séries les plus étroites, car celles-ci seules deviendront d'un usage général et universel.

F. Bayle,
Ingénieur-conseil du Syndicat de la Métallurgie de Lyon.

Digitized by Google

Régulation de la tension et isolement des réseaux de transmission d'énergie à grande distance

En raison de l'importance de la question actuelle, en ce qui concerne l'établissement d'un grand réseau d'interconnexion à très haute tension, nous avons jugé intéressant de publier ci-dessous la traduction d'un article de M. Franck G. Baum, paru en août 1921 dans « Journal of the American Institute of Electrical Engineers (1) ». Dans cette étude, l'auteur préconise l'emploi d'une tension de 220 000 volts avec fréquence de 60 p : s comme courant type pour la transmission de l'énergie à très grande distance. La nécessité de maintenir une tension constante sur toute la ligne, pour réaliser une bonne transmission peut être obtenue au moyen de compensateurs synchrônes et de capacités judicieusement répartis. Le meilleur dispositif d'isolateur à employer pour le bon isolement de la ligne fait l'objet d'une longue étude basée sur de nombreuses expériences.

I. Choix d'une tension de 220 000 v et d'une fréquence de 60 p : s pour la transmission de grandes puissances à de grandes distances. — D'après les essais d'isolement relatés plus loin, il est possible de transmettre sous 220 000 v de très fortes puissances (à un millier de miles s'il y a économie à le faire) au moyen d'un seul circuit et comme un grand réseau exigerait, pour un bon service, au moins deux lignes avec quatre circuits, fournissant une puissance de 400 000 à 800 000 kw et plus, il semble que le mieux serait d'adopter la tension de 220 000 v comme type pour un réseau de transmission national de même que les chemins de fer ont adopté un gabarit unique pour les rails. On pourrait atteindre de plus hautes tensions, mais il y a des raisons économiques pour s'arrêter à 220 000 v, si l'on tient compte de l'avantage de l'unification, de la sécurité du service sur de nombreux circuits et des quantités d'énergie disponibles en certains endroits ou des besoins de tel ou tel centre de consommation.

Il y aurait avantage à adopter d'une façon générale le système de 220 000, 110 000, 55 000 v pour avoir une auto-transformation à des conditions économiques.

On ne peut avoir un réseau électrique national sans unifier la fréquence. Celle de 60 p : s étant généralement avantageuse pour les générateurs, les transformateurs et la distribution, l'auteur est d'avis qu'il y aurait lieu d'y recourir pour la transmission à très grande distance. On prétend d'ordinaire que cette fréquence n'est pas avantageuse pour les grandes transmissions, à cause de la variation de tension, mais on verra que l'on peut très bien satisfaire à toutes les exigences sous ce rapport avec 60 p : s, c'est donc la fréquence qu'il convient d'adopter.

1. Nécessité d'une tension constante en tous points des lignes. — Il conviendrait, pour réaliser une bonne transmission à grande distance, d'avoir une tension à peu près uniforme en tous points de la ligne et non seulement pour une charge, mais pour toutes les charges. On peut admettre une tolérance de 3 pour 100 depuis la marche à vide jusqu'à la marche à pleine charge, sans que les écarts soient supérieurs à cette limite en aucun point de la ligne. Le réseau modèle de grande transmission doit fonctionner de manière à permettre et la prise en charge et la livraison de l'énergie en certains points, tout comme le fait un réseau de chemins de fer. Il doit être compris de façon telle que les charges fournies à la ligne ou prélevées en cours de route puissent être variables et que l'énergie puisse passer indifféremment dans un sens et dans un autre sur une section et même sur toute la ligne, sans qu'il y ait perturbation de la régulation de la tension nécessaire pour un bon service en tous points. Ce que l'auteur propose diffère de ce qui se fait ordinairement en ce que les compensateurs synchrones sont placés, par exemple, tous les 100 miles, le courant et la tension étant, grâce à eux, maintenus pratiquement en phase.

On verra qu'il n'est pas difficile de maintenir la tension constante en tous points et, ce faisant, on élimine quantité d'autres inconvénients qui sont des causes de dépenses, tels que les augmentations de tension dues aux chutes de charge, les variations du rapport de transformation, la nécessité de régulateurs de tension, etc... et, de plus, on diminue la contrainte imposée aux isolateurs. Une grande ligne fonctionnant bien doit assurer le maintien en phase du courant et de la tension en tous ses points.

Si les ingénieurs et les praticiens arrivent à unifier la fréquence et la tension de façon que la constance du service soit assurée et à isoler les lignes de transmission de manière assez efficace pour qu'elles fonctionnent aussi bien que les transformateurs, on pourra dire que le moment est proche où les grands réseaux de transmission d'énergie à haute tension seront réalisés. Les lignes à 220 000 v actuellement construites ont donc une extrême importance et toutes ces questions méritent une attention particulière, non seulement à cause de l'intérêt qui s'attache aux lignes d'ores et déjà installées, mais aussi à cause de l'influence du bon fonctionnement de ces lignes sur l'industrie de la transmission de l'énergie prise dans son ensemble.

2. Régulation de la tension des lignes de transmission. — Il faut avoir pris position en ce qui concerne la régulation de la tension du réseau avant de pouvoir connaître les fatigues normales et exceptionnelles que subiront les isolateurs de la ligne de transmission, c'est pourquoi l'auteur aborde ce sujet en premier.

La figure 1 montre le diagramme de régulation pour une ligne de 200 miles, sous une tension de 220 000 v, avec un courant de 400 a. On voit que, sans les compensateurs synchrones, pour un facteur de puissance 0,95, la tension à la station génératrice devrait être 157 pour 100 de la tension à la station réceptrice. A vide, la tension à la génératrice serait d'environ 86 pour 100 si tout le courant de charge provenait de la génératrice. Même pour une charge sans induction, la tension de la génératrice à pleine charge

(1) Franck G. Baum. *J. A. I. E. E.*, août 1921, t. xl, p. 643-665, 29 figures. Appendice avec les procès-verbaux des essais, 7 figures et 3 tableaux.

Digitized by Google

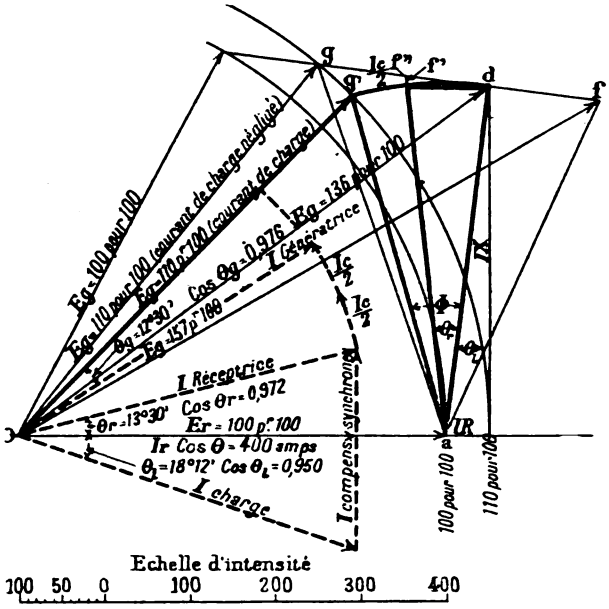


Fig. 1. — Régulation de la ligne à l'aide de transformateurs à chaque extrémité.

Conditions. — Longueur de la ligne, 200 miles; tension à la réceptrice, E_r, constante à 200 000 v; courant de charge, 136 a.

I cos b à la réceptrice, 400 a; puissance fournie, 138 600 kw.

Chute de tension active RI (y compris les transformateurs à chaque extrémité de la ligne), 10 pour 100 de E_r (approximativement). Chute de tension réactive XI (y compris les transformateurs à chaque extrémité de la ligne), 80 pour 100 de E_r (approximativement).

Résultats. — Premier cas. — Courant de charge ou de capacité négligé. Sans compensateur synchrone à la réceptrice et avec un facteur de puissance égal à l'unité, la tension de la génératrice E_g = od = 136 pour 100 de E_r = 272 000 v à pleine charge.

Deuxième cas. — Courant de charge négligé. Sans compensateur synchrone à la réceptrice et avec un facteur de puissance de 0,95 en retard, la tension de la génératrice E_g = of = 157 pour 100 de E_r = 314 000 v à pleine charge.

Troisième cas. — Courant de charge négligé. Avec un compensateur synchrone à la réceptrice pour maintenir une tension à la génératrice E_g = og = 110 pour 100 de E_r = 220 000 v à pleine charge, le facteur de puissance à la réceptrice serait de 0,89 en avance (cosinus de l'angle dag).

Le rapport fg : ad donne le courant du compensateur synchrone nécessaire pour corriger le facteur de puissance et le ramener de 0,95 en retard à 0,89 en avance (336 a environ).

Quatrième cas. — En supposant que la moitié du courant de capacité soit fournie à chaque extrémité de la ligne et qu'un compensateur synchrone à la réceptrice maintienne une tension à la génératrice E_g = og = 110 pour 100 de E_r = 220 000 v à pleine charge.

Avec a comme centre, tracer l'arc de cercle dg'. La longueur de l'arc dg est égale à ad × Φ radians.

L'angle Φ mesure 23° ou 0,401 radian; $ad = \sqrt{0.10^2 + 0.80^2} \times E_r = 0{,}806\ E_r$; $dg' = 0{,}806\ E_r \times 0{,}401 = 32{,}3$ pour 100 de E_r.

Le courant de charge $\frac{I_c}{2}$ = 13,32 pour 100 (environ); d'où la correction à faire par le compensateur synchrone, 32,3 pour 100 — 13,3 19 pour 100 = 19 pour 100.

Posons df = 19 pour 100 de E_r et traçons af et df'. Remarquons que le courant du compensateur doit être à angle droit avec ad; de sorte que, pour des raisons pratiques, nous pouvons nous servir du point f au lieu de f'.

Le facteur de puissance de la réceptrice est 0,972 en avance (cosinus de l'angle daf'). Le rapport ff' : ad donne le courant du compensateur synchrone nécessaire pour corriger le facteur de puissance et le ramener de 0,95 en retard à 0,972 en avance (230 a environ).

Observation. — La figure 1 a principalement pour but de montrer que le transport d'énergie à très grande distance sans compensateur synchrone n'est pas pratique. La figure telle qu'elle est n'est pas absolument exacte, sauf quand $E_r = E_g$, mais l'erreur n'est pas importante.

devrait être supérieure de 36 pour 100 à celle de la réceptrice. Or, cette tension supplémentaire de la génératrice est fonction de la puissance de cette génératrice et coûte par conséquent. Si l'on veut ramener le surcroît de la tension de la génératrice aux 10 pour 100 indispensables pour compenser la perte en ligne, il faut des compensateurs synchrones d'environ 80 000 kv-a à pleine charge, mais la moitié environ est nécessaire pour corriger le facteur de puissance.

La figure 1 montre surtout qu'il est impossible de transmettre l'énergie à grande distance et d'assurer un bon service sans compensateur synchrone.

La figure 2 indique la base de régulation pour obtenir une tension constante au moyen d'une capacité uniformément répartie, de grandeur telle que le courant soit pour ainsi dire

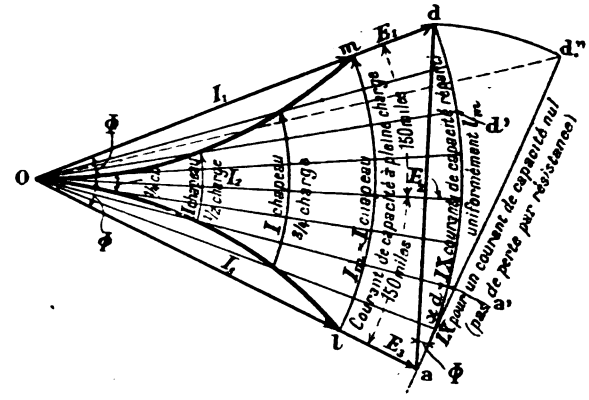


Fig. 2. — Régulation de la ligne seule.

Courant de capacité uniformément réparti pour corriger la tension quelle que soit la charge.

Conditions. — Longueur de la ligne, 300 miles; tension constante en tous points, 200 000 v; courant de capacité, 200 a. Courant fourni à la ligne, 400 a; puissance fournie à la ligne, 138 600 kw.

Pas de perte par résistance et pas d'énergie dissipée le long de la ligne. Chute de tension réactive XI égale à environ 80 pour 100 de E_2 et mesurée par l'arc ad.

Résultats. — S'il ne se perd pas d'énergie le long de la ligne, le courant $I_1 = I_2 = I_3$ et les uns et les autres sont en phase avec les tensions E_1, E_2 et E_3, le facteur de puissance étant égal à l'unité. Si la tension de réactance est 80 pour 100 de E_3, l'arc ad = 0,80 oa et l'angle a Φ = 0,80 radian, soit 46° (environ). Le courant de capacité uniformément réparti est partout à angle droit avec la tension et la somme est représentée par l'arc lm. Si ol représente 400 a, soit le courant fourni, alors lm = 2 Φ × ol = 0,80 × ol = 0,80 × 400 = 320 a, le courant de capacité uniformément réparti nécessaire pour maintenir les conditions ci-dessus.

Avec une charge de moitié, la tension de réactance, qui correspond à la moitié de la charge ad, est réduite de moitié, soit a d'. Il s'en suit une réduction de moitié de l'angle entre E_1 et E_3. Puisque le courant est réduit de moitié, ol est ramené à ol' et l'arc l'm' devient le quart de la longueur de lm. On voit ainsi que le courant de capacité nécessaire varie en proportion du carré du courant actif.

S'il n'y avait pas de courant de capacité sur la ligne à pleine charge, la tension de réactance serait XI = ad', à angle droit avec E_3. L'arc dd' figure la correction de tension due à la somme des courants de capacité en excès de la réactance de la ligne.

Il est à remarquer que l'angle entre ad et ad' est toujours égal à la moitié de l'angle entre E_1 et E_3.

Conclusion. — Pour avoir une tension constante en tous points de la ligne, il faut que le courant de capacité uniformément réparti sur la ligne varie suivant les courbes ol'l et om'm de zéro à la pleine charge, en proportion du carré du courant actif. Le courant demeure ainsi à peu près en phase avec la tension en tous points de la ligne, condition nécessaire pour que la transmission d'énergie à de grandes distances puisse réussir.

Digitized by Google

toujours en phase avec la tension. La tension de réactance est alors toujours tangente au cercle de tension active, la tension de réactance étant représentée par l'arc de cercle reliant les extrémités des tensions.

La figure 3 montre que, avec 60 p : s, 220000 v et 400 A, le courant de capacité de la ligne donne une correction complète lorsque la charge atteint les 8/10 de la pleine charge et que les compensateurs synchrones, à pleine charge, doivent fournir un courant de capacité d'environ la moitié du courant de charge. On voit ainsi que la ligne fournit une grande partie du courant de charge nécessaire pour la régulation. Avec des charges inférieures à 0.8, les régulateurs synchrones fournissent du courant en retard sur la tension. Il serait préférable de donner aux compensateurs synchrones le nom de « régulateurs synchrones ». (Ce projet de régulation et le mode de présentation sont nouveaux, pour autant que l'auteur peut l'affirmer.)

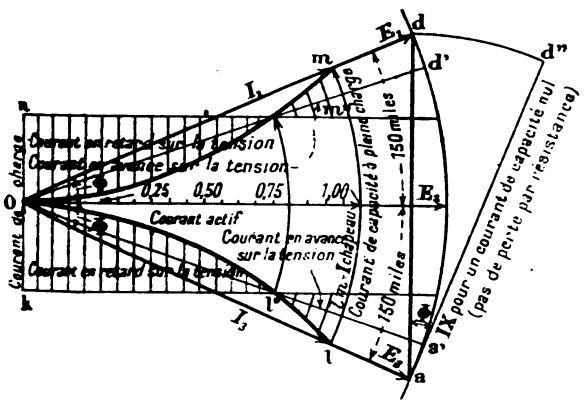


Fig. 3. — Régulation de la ligne seule.

Le courant chargeant la ligne est complété par une capacité uniformément répartie ou par une inductance uniformément répartie.

Conditions. — Longueur de la ligne, 500 miles; tension constante en tous points, 200000 v; courant de charge, 200 A; courant fourni à la ligne, 400 A; puissance fournie à la ligne, 138600 kw; pas de pertes par résistance ni d'énergie dissipée le long de la ligne.

Chute de tension réactive XI égale à 80 pour 100 environ de E_2 et mesurée par l'arc ad.

Résultats. — S'il n'y a pas de déperdition d'énergie le long de la ligne, le courant actif $I_1 = I_2 = I_3$. Le courant de capacité de la ligne est indiqué par la ligne kn et est uniformément réparti le long de la ligne. Avec un courant actif d'environ 80 pour 100, le courant de charge, soit l'm', fournit un courant de capacité uniformément réparti, ce qui égalise la tension sur toute la ligne (conclusion de la figure 2).

De 80 pour 100 à la pleine charge, un courant de capacité uniformément réparti doit être ajouté au courant de charge, comme l'indiquent les hachures entre m'm'' et la ligne courbe mm et aussi entre la ligne ll' et la courbe ll'. Le facteur de puissance serait égal à l'unité.

Pour corriger exactement la tension depuis un courant actif nul jusqu'à un courant actif de 80 pour 100, il faut une inductance uniformément répartie, comme l'indiquent les hachures entre mm' et la courbe om' et entre kl' et la courbe ol'. Le facteur de puissance serait de nouveau égal à l'unité.

Conclusion. — Le système qui précède donnerait exactement la régulation désirée, mais nous n'avons aucun moyen d'ajouter la capacité ou l'inductance uniformément répartie. Le mieux que nous puissions faire est d'approcher du résultat cherché en introduisant des compensateurs synchrones qui peuvent fonctionner comme capacité ou inductance au gré de l'exploitant.

Observation. — Jusqu'ici, nous n'avons pas considéré qu'il y ait des pertes par résistance, mais il est facile d'en tenir compte, comme on le verra.

La « charge » de la ligne qu'il faut pour maintenir le courant à peu près en phase avec la tension est comparable à la « charge » des lignes téléphoniques pour les grands circuits.

On voit ainsi que la ligne de transmission possède par elle-même les courants nécessaires pour une régulation automatique, si on commence par corriger le facteur de puissance pour le rapprocher de l'unité. Tout moteur d'induction

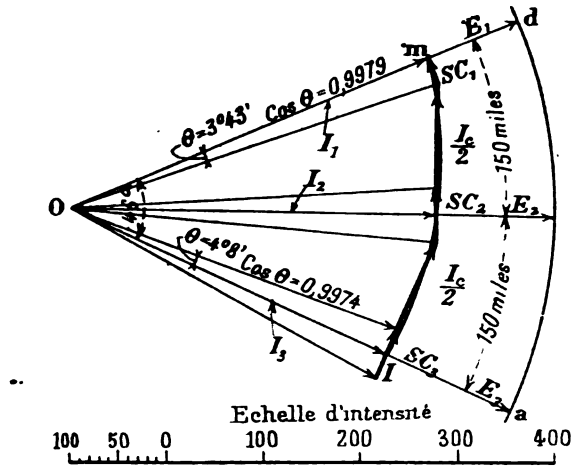


Fig. 4. — Régulation de la ligne seule.

Il y a apport d'intensité en avance ou en retard sur la force électromotrice au milieu et à chaque bout de la ligne.

Conditions. — Longueur de la ligne, 300 miles; tension constante au milieu et à chaque bout de la ligne, 200000 v; courant de capacité, 200 A; énergie fournie à la ligne, 400 A; puissance fournie à la ligne, 138600 kw; perte d'énergie totale, y compris RI, 10 pour 100; chute de tension réactive XI égale à environ 80 pour 100 de E_1, et mesurée par l'arc ad.

Résultats. — Puisque l'arc ad est 80 pour 100 du rayon oa, l'angle dca est 0,8 radian, soit 46° (environ). Puisque la tension à chaque bout de la ligne est constante, la perte d'énergie apparaîtra comme une diminution du courant actif en proportion directe de la longueur de la ligne; d'où, si $I_1 = 400$ A, $I_2 = 0{,}95 \times 400 = 380$ A, $I_3 = 0{,}90 \times 400 = 360$ A.

La courbe lm représente un courant de capacité uniformément réparti et susceptible d'égaliser la tension en tout point de la ligne à pleine charge. La longueur de lm est à peu près égale à $380 \times 0{,}8 = 304$ A. Le courant de charge fournit 200 A de courant de capacité, ce qui laisse 104 A à obtenir par les compensateurs synchrones. La moitié en est fournie par un compensateur synchrone installé au milieu du tronçon, un quart par la génératrice, si c'est le premier tronçon de la ligne, et sinon, par le compensateur synchrone installé à l'extrémité du tronçon situé du côté de la centrale; le dernier quart, par un compensateur synchrone à l'autre extrémité du tronçon. Mais le compensateur synchrone aura la même capacité que celui du milieu du tronçon; l'excédent de capacité servira pour la correction du facteur de puissance ou pour fournir le courant de capacité initial nécessaire dans le tronçon suivant de 300 miles. Il en résulte que la puissance des compensateurs est de 18000 kv-A $\left(52 \times 200000 \times \sqrt{3}\right)$ soit 20000 kv-A, et constitue un facteur de sécurité pour chaque tronçon de 150 milles où il n'y a ni transformateurs, ni autres appareils pour changer les tensions RI et XI comme il est indiqué ci-dessus. Si l'on englobe la résistance du transformateur et la réactance, le diagramme doit être modifié pour s'adapter à un tronçon de ligne inférieur à 300 miles de telle façon que XI et RI, comprenant les transformateurs, soient respectivement de 80 pour 100 et 10 pour 100. Cela diminue le courant de charge et augmente le calibre des compensateurs synchrones nécessaires pour le tronçon. Si l'on considère un tronçon de 300 miles, les transformateurs pour les compensateurs synchrones sont petits et le courant magnétisant sera fourni par le compensateur. Le tronçon est considéré comme s'il n'y avait pas de transformateur.

La tension sur un tronçon de 300 miles à charge nulle varie de moins de 1 pour 100, si le courant de charge est fourni pour moitié au milieu et pour un quart à chaque extrémité de la ligne. Le facteur de puissance à chaque extrémité du tronçon de 300 miles sera d'à peu près 0,99 et le tronçon entier aura un facteur de puissance compris entre 0,99 et l'unité, avec un courant actif de 80 pour 100 à 100 pour 100 de la pleine charge (voir fig. 3).

Digitized by Google

adjoint au réseau exige un certain courant de capacité pour corriger le facteur de puissance, de façon à réduire les pertes par la station génératrice. Tout moteur synchrone introduit à la place d'un moteur asynchrone contribue à réaliser une économie tout le long de la ligne, améliore le service et diminue le risque de forts déphasages en retard; il constitue donc un élément d'actif pour le réseau. La correction du facteur de puissance devrait être faite principalement aux centres de charge, la correction et la régulation définitives étant opérées par le courant de capacité de la ligne de transmission et par les compensateurs synchrones.

Il y a beaucoup d'endroits où des moteurs synchrones pourraient remplacer des moteurs d'induction avec avantage. Les usines et les sociétés de force motrice devraient associer leurs efforts pour répandre des modèles simplifiés de moteurs synchrones assurant un fonctionnement à vitesse constante.

Les avantages de ce système sont les suivants : génératrices plus simples et moins chères, transformateurs unifiés pour une seule tension, diminution des efforts imposés aux isolateurs, plus grande sécurité du réseau et maximum de facilité pour l'envoi du courant en un sens ou en l'autre, grâce à la constance de la tension.

Les figures 2 et 3 montrent qu'il est nécessaire, pour obtenir une tension constante en tous les points de la ligne, que le courant soit maintenu à peu près en phase avec la tension; la figure 4 montre l'application pratique de ces conditions à une ligne de 300 miles et la figure 5, à une ligne de 800 miles. Le diagramme est très simple et peut être étendu à des lignes de toute longueur.

3. Conclusion. — Un pareil système de transmission d'énergie avec potentiel constant est avantageux et c'est le seul moyen pratique d'assurer un bon service sur les grandes lignes. La retransformation, la régénération ou le courant continu pour les transmissions à grande distance ne fonctionneront pas aussi bien et les à-coups qui sont susceptibles de se produire sont plus graves que dans le système à tension constante. Cette façon de « charger » la ligne de transmission de manière que le déphasage du courant sur la tension reste à peu près constant le long de la ligne est nécessaire pour toute transmission à très grande distance, ce qui fait que la tension de réactance doit être toujours tangente au cercle de la tension. On élude ainsi la question de la périodicité naturelle de la ligne et, dès lors, la fréquence peut être choisie indépendamment de cette considération.

La tension étant constante, il y a une diminution graduelle

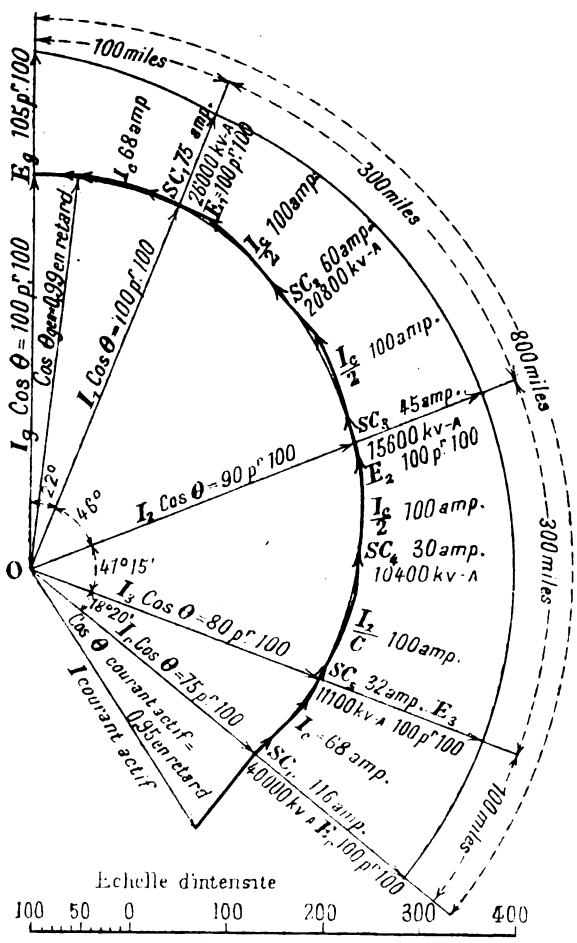


Fig. 5. — Régulation du réseau complet de transmission.

Conditions. — Les sections terminales ont chacune 100 miles; la chute de tension réactive *XI*, y compris les transformateurs, est de 40 pour 100; la chute de tension active *RI*, y compris les transformateurs, de 5 pour 100. Courant de capacité, 68 A. — Les sections intermédiaires ont 300 miles. Chute de tension réactive *XI*, de 80 pour 100; chute de tension active *RI*, de 10 pour 100; courant de charge, 300 A; tension à la génératrice à pleine charge, 105 pour 100 de E_r; tension constante après la première station de compensateurs synchrones.

I cos θ à la génératrice, 100 pour 100; *I* cos θ à la première station de compensateurs synchrones, 100 pour 100 et diminue ensuite uniformément le long de la ligne en pourvoyant aux déperditions d'énergie. (Observer que cos θ ne descend que faiblement en dessous de l'unité et que le courant décroît pour compenser les pertes par résistance.)

Résultats. — Tronçon de la génératrice. — Voir la figure 1 qui représente un tronçon de 200 miles avec une génératrice et des transformateurs à l'une des extrémités et un compensateur et des transformateurs à l'autre. Appliquez la partie de la figure concernant l'extrémité du côté de la génératrice au cas actuel, en la modifiant sous le rapport de la tension à la génératrice et considérez que la génératrice ne porte qu'un quart du courant de capacité au lieu de la moitié comme la figure l'indique, l'autre quart étant fourni par le premier compensateur du tronçon voisin.

Second tronçon. — Se reporter pour le tout à la figure 4.

Troisième tronçon. — Le courant est maintenant 80 pour 100 de *I*; donc, la chute de tension réactive *XI* est 90 pour 100 de ce qu'elle était dans le deuxième tronçon, soit $0{,}90 \times 0{,}80\ E_r = 0{,}72\ E_r$. La longueur d'arc représentant cette tension est réduite en conséquence et l'angle devient 0,72 radian, soit 41°15'. Le courant de capacité nécessaire est environ de $360 \times 0{,}72 = 260$ A. Le courant de charge est de 200 A, 60 A devant être fournis par les compensateurs comme dans le tronçon 2.

Tronçon de la réceptrice. — Le courant est maintenant 80 pour 100 de *I*; donc, la chute de tension réactive *XI* est 80 pour 100 de ce qu'elle était dans le tronçon de la génératrice, soit $0{,}80 \times 0{,}40\ E_r = 0{,}32\ E_r$. L'angle devient 0,32 radian, soit 18°20'. Le courant de capacité nécessaire est de $320 \times 0{,}32 = 102$ A (approximativement). Le courant de charge est de 68 A, 34 A au total devant être fournis par les compensateurs des extrémités du tronçon.

Si le facteur de puissance du courant actif est 0,95 en retard, le courant du compensateur terminal devra être augmenté de 99 A pour rectifier la charge et la puissance sera de $(17 + 99) \times 200000 \times \sqrt{3} = 40000$ kv-A approximativement.

Observation. — L'énergie peut être fournie ou prise en tout point de la ligne. Les courants actifs et les compensateurs synchrones peuvent être réglés et satisfaire aux nouvelles conditions de façon à ce que la tension puisse rester pratiquement constante. La direction de la transmission dans la ligne entière peut être également inversée sans que la tension cesse d'être constante.

Digitized by Google

d'intensité du courant pour compenser les pertes en ligne. L'angle entre les tensions à la génératrice et à la réceptrice d'un tronçon de 150 miles sera d'environ 23° à pleine charge, avec 60 p : s et diminuera dans chaque tronçon de 150 miles lorsque le courant diminue.

Le facteur de puissance de la ligne est bon, étant de 0,99, ou même meilleur pour une charge comprise entre les 8/10 de la pleine charge; dès lors, le rendement de la ligne est de 90 pour 100 pour 200 miles et de 90 pour 100 pour chaque tronçon de 200 miles; il en résulte que l'énergie peut être transmise à 600 miles avec un effet utile d'environ 75 pour 100 et à un millier de miles avec un effet utile d'environ 65 pour 100; avec des charges réparties le long de la ligne, le rendement serait d'ailleurs plus élevé.

Ce réseau avec trois ou quatre circuits, par exemple, et des stations de compensateurs synchrones et d'interrupteurs environ tous les 100 miles peut avoir une coupure automatique par tronçon de 100 miles de chaque ligne, sans qu'il y ait perturbation dans le service. On pourrait aisément éviter les courts-circuits.

Les compensateurs synchrones établissent la liaison entre les points du réseau. Toute tendance au relèvement ou à l'affaiblissement de la tension de la ligne est immédiatement contrariée par le compensateur qui fait, sous ce rapport, l'office d'un « gyroscope électrique ».

Comme les transformateurs peuvent être compris de façon telle que l'augmentation de la tension de la ligne donne une très rapide augmentation du courant magnétisant, nous avons ici, de même que dans les compensateurs synchrones, des freins magnétiques automatiques empêchant les augmentations de tension.

Les pertes par effluves croissent avec la tension; elles agiront automatiquement aussi contre les augmentations de vitesse et de tension, si l'on choisit une section de conducteur tenant compte de la tension critique efficace d'apparition de l'effet corona.

Les efforts auxquels la tension soumettra les isolateurs, les interrupteurs et les transformateurs d'un semblable réseau seront bien moindres que dans les cas où il n'existe pas de régulation du potentiel; ce qui nous permet de résoudre à peu près le problème de l'isolement par le contrôle de la tension.

En « chargeant » la ligne avec des transformateurs comportant un accroissement rapide de l'aimantation lorsque la tension s'élève, les transformateurs ayant des enroulements secondaires ou tertiaires couplés en triangle, reliés à des compensateurs synchrones à des distances convenables, on réduira les variations de façon telle que des lignes à 220 000 v donneront moins d'efforts excessifs à supporter à leurs isolateurs que les lignes actuelles à haute tension. Si l'on ajoute l'amélioration qui résulterait de la moindre fatigue imposée à chaque isolateur de la ligne, on voit que la réussite des lignes de transmission à très grande distance est assurée, en reculant pour ainsi dire les limites de la distance pratiquement couvrable jusqu'à celles de la transmission électrique. Ce mode de transmission épargne aussi le souci d'une étude plus approfondie de la transmission par courant continu, puisque le système du courant alternatif offre, entre autres, l'avantage de la tension constante quelles que soient les conditions dans lesquelles la ligne est chargée et l'énergie fournie.

II. Isolement des lignes de transmission. — Pour les premiers réseaux de transmission, on s'est servi de l'isolateur à tige ou support droit et ce type réussissait bien jusqu'à 80 000 v. Par la suite, les exigences des hautes tensions ont provoqué l'apparition de l'isolateur à suspension à disque. A première vue, l'isolateur à disque semble une impossibilité mécanique. Mais les spécialistes ont résolu la difficulté et le résultat leur fait honneur. On peut maintenant fabriquer des isolateurs à suspension d'une résistance à la traction de 7 000 à 20 000 livres.

Les spécialistes des isolateurs ont assumé une lourde tâche durant la période de développement de ces appareils. Parfois l'ingénieur ou l'exploitant ont aggravé leur tâche en demandant des modèles spéciaux qui pouvaient ne pas valoir les types admis. D'autre part, des recherches sont nécessaires quand les conditions du problème changent et quand les modèles doivent satisfaire à des prescriptions essentielles.

Quand l'isolement des lignes à haute tension a rendu nécessaire l'emploi du type à disque, on a supposé que l'augmentation de la tension n'exigeait que l'augmentation des éléments isolants. Mais on a bientôt découvert que les résultats n'avaient pas du tout de rapport avec le nombre d'éléments du chapelet.

En recherchant la cause de ce fait, on a découvert que la tension tendait à porter son effort maximum sur l'isolateur soutenant la ligne.

On a procédé à un grand nombre d'expériences sur la répartition de la tension, en variant les dispositifs de répartition de la tension et on a essayé aussi de déterminer les caractéristiques, tant à sec que par temps humide, pour divers dispositifs de cette nature. Ces expériences ont été faites à l'Université de Stanford (Californie), sous la direction du Pr Harris J. Ryan; à Pittsfield (Massachusetts), à la General Electric Co, sous la direction de M. F.-W. Peek Jr; à Barbeton (Ohio), à la Ohio Insulator Co, sous la direction de M. A.-O. Austin; à Lisbonne (Ohio), chez Thomas and Sons, sous la direction de M. R.-H. Marvin; à Victor (New-York), à la Locke Insulator Co, sous la direction de M. K.-A. Howley; à Pittsbourg, à la Westinghouse E and Mfg Co, sous la direction de M. C. Fortescue (1).

Dans les développements qui suivent, l'auteur étudie un peu en détail le problème de l'isolement et donne, en appendice, le résultat d'un grand nombre d'expériences, parmi toutes celles auxquelles il a été procédé, en indiquant les conditions dans lesquelles chacune d'elles a été faite.

Pour l'isolement des lignes de transmission, il faut considérer : 1° le pouvoir isolant de l'air; 2° l'isolement et la résistance mécanique de la porcelaine; 3° la répartition de la tension; 4° la répartition de la résistance de fuite à la surface des isolateurs; 5° l'isolement des interrupteurs, transformateurs, etc...; 6° l'arc qui se produit aux isolateurs de la ligne par temps sec et humide.

1. Isolement par l'air. — Les ingénieurs et les praticiens sont enclins à rejeter sur le compte de l'atmosphère les difficultés de l'isolement. Mais, en fait, l'air est un très bon isolant, sauf s'il est imprégné de sel. Peek (dont l'ouvrage sur les phénomènes diélectriques est classique chez les ingénieurs) a montré qu'il suffit de 3 pouces d'air (7,5 cm) entre des sphères de 10 pouces (25,4 cm) pour empêcher la rupture diélectrique dans l'air quand on a 130 000 v entre ligne et sol, ce qui correspond approximativement à une tension de 220 000 v entre fils. Deux sphères de 20 pouces (50 cm), distantes de 2 pieds (66 cm), donnent un coefficient de sécurité de 4 environ. On ménage d'habitude plus de 6 pieds entre le fil et le sol aux pylônes (15 pieds entre

(1) On trouvera dans la *R. G. E.*, 25 février 1922, t. XI, p. 273, l'index des travaux qui ont été poursuivis en France sur ce même sujet.

Digitized by Google

les fils dans les portées), mais on n'a pas de coefficient de sécurité en rapport avec l'espacement.

Avec des conducteurs d'environ 1 pouce (2,54 cm) de diamètre, nous n'avons jamais à craindre la rupture diélectrique de l'air entre les conducteurs à quelques pieds des isolateurs et, si ce n'était la réduction de l'espacement au pylône, due à ce que le dispositif d'isolement détermine des sections comportant des efforts inégaux à supporter par les divers éléments, nous pourrions diminuer l'espacement dans la portée et, par suite, la hauteur des pylônes.

La figure 6 représente la répartition du potentiel de l'air

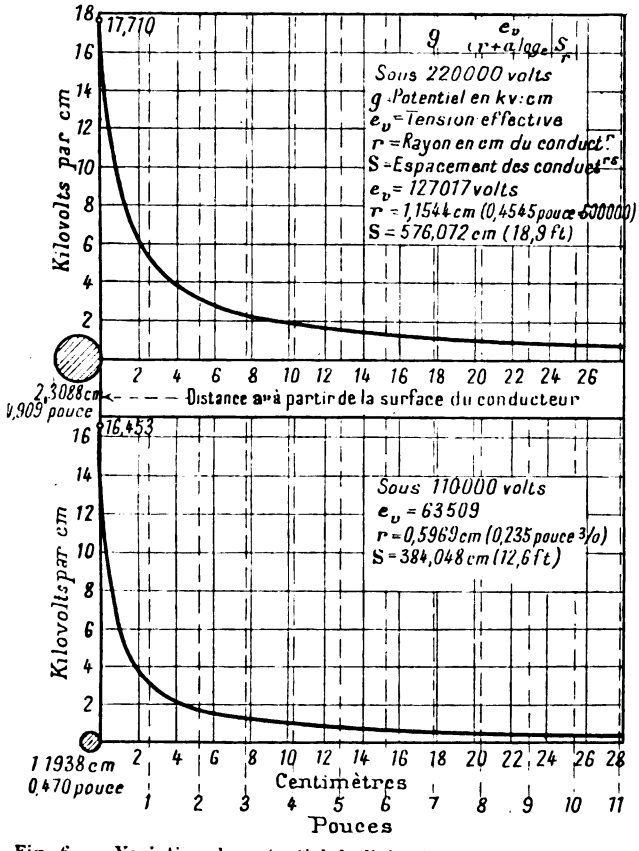


Fig. 6. — Variation du potentiel de l'air autour de conducteurs chargés à 200000 v et 110000 v, respectivement.

pour un conducteur de 0,91 pouce (2,3088 cm) de diamètre à la tension de 220000 v, ainsi que pour un conducteur de 0,47 pouce (1,1938 cm) de diamètre à 110000 v. On peut voir que le potentiel est très élevé près de la surface du conducteur et se trouve être sensiblement le même dans les deux cas.

La rigidité diélectrique de l'air est d'environ 20 kv : cm. (La section du conducteur est choisie de façon à ce qu'un fort dépassement au-dessus de la tension normale augmente considérablement les pertes par effluves, car c'est une sauvegarde au cas d'élévation de tension due à une rotation plus rapide des génératrices ou à une autre cause). A 4 cm de la surface du conducteur chargé à 220000 v, la rigidité diélectrique n'est que d'environ 4 kv : cm. Dans la portée, à distance des isolateurs, toute tendance à la production d'un effluve visible a pour résultat d'agrandir le diamètre effectif du conducteur et de diminuer ainsi les chances de rupture diélectrique de l'air; par suite, l'air, dans la portée, ne se rompt pour aucune tension qui peut être atteinte en service.

Si nous passons maintenant aux armatures de la ligne et au support du premier isolateur, nous voyons qu'il y a là un très fort gradient de potentiel pour l'air, ce qui est dû aux petits diamètres, aux angles des boulons, aux garnitures et à la petite tige de l'isolateur du bas. Quand il se produit des tensions excessives, elles portent l'effort maximum sur les isolateurs voisins du conducteur. Cela provoque la rupture diélectrique de l'air aux endroits où il est soumis à de grands efforts, aux armatures de la ligne et l'air se rompt successivement d'un élément à un autre en transmettant l'effort électrique considérable d'un isolateur à l'autre le long du chapelet (l'effluve forme alors également des acides qui attaquent les armatures en métal). Il importe d'empêcher la naissance d'effluves ou la formation d'arc aux isolateurs, si l'on veut une ligne de transmission fonctionnant bien; l'auteur entend par là que l'isolement de la ligne doit être tel que celle-ci donne d'aussi bons résultats que les transformateurs ou autres appareils de transmission. Naturellement, le câble peut être endommagé par la malveillance ou par accident mais, en dehors de ces cas, il faut qu'on puisse compter sur la ligne comme sur le reste des installations.

Des essais faits avec des « boucliers » en vue de diminuer l'inégalité des contraintes exercées sur l'air au support et aux armatures ont donné d'assez bons résultats. Il semble nécessaire de protéger le câble et les armatures en agrandissant leur calibre par un bouclier cylindrique, conique ou plan, comme ceux que représentent les figures 7 et 8. Avec un bouclier de ce genre, l'effluve visible près de l'isolateur

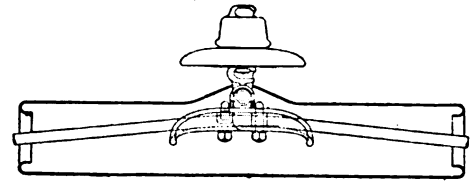


Fig. 7. — Bouclier de ligne.

peut être reculé bien au delà de la tension de service. Les armatures des isolateurs doivent être conçues de façon à empêcher que l'air soit soumis à de grands efforts.

2. Isolement par la porcelaine. — La porcelaine, lorsqu'elle est bien faite, est un bon isolant et n'est pas percée sous l'effet des contraintes auxquelles on la soumet, si l'on veille aux autres facteurs d'isolement. Les crampons métalliques des types d'isolateurs à chapeau et à support droit sont une cause d'infériorité mécanique, car la dilatation et la contraction ne sont pas les mêmes pour la porcelaine, les parties métalliques et le ciment de scellement. Par une fabrication soignée, on peut obtenir une porcelaine très solide dont la dilatation et la contraction soient très réduites. Une sélection attentive de la matière, un travail très surveillé de l'argile et une cuisson suffisamment prolongée, permettent d'obtenir un produit isolant de qualité supérieure.

L'imprégnation du ciment pour l'empêcher d'absorber l'humidité a donné de bons résultats, suivant M. R.-E.-V. Creighton. Certains moyens d'imperméabiliser le ciment arrivent, non moins qu'un bon gâchage et une bonne application, à réduire à très peu de chose les insuccès redoutés.

Digitized by Google

Dans le type articulé, la détérioration mécanique résultant de la dilatation et de la contraction est notablement affaiblie, mais, dans les types actuels, nous en sommes réduits à de petits calibres pour les pièces métalliques et il est nécessaire, sur les lignes à haute tension, de protéger les articulations, tout au moins celles qui sont en bas du chapelet. Il en résulte, heureusement, comme on le verra plus loin, une meilleure répartition des efforts dans le chapelet.

La détérioration due à la dilatation et la contraction est

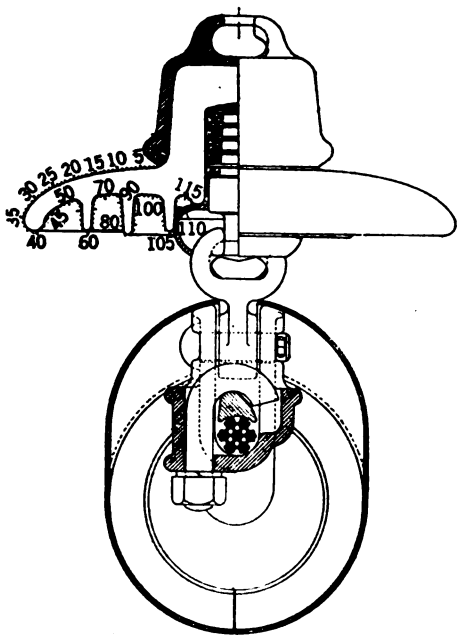


Fig. 8. — Bouclier de ligne et bouclier de support.

Les numéros inscrits sur le bord de la porcelaine servent à mesurer la ligne de fuite.

surtout une affaire de prix de revient; comme elle se produit lentement et comme le grand nombre d'éléments du chapelet est un facteur de sécurité, on peut écarter cette défectuosité comme n'empêchant pas le bon fonctionnement, sous réserve d'une inspection sérieuse.

La résistance mécanique de tous les isolateurs types va de 7500 à 10000 livres (3600 à 3000 kg) au moins et, comme on peut l'augmenter de 50 à 100 pour 100 si besoin est, il y a là un coefficient de sécurité considérable pour la suspension mécanique des conducteurs.

3. Répartition de la tension entre la ligne et le sol. — Les figures 12 et 13 donnent les diagrammes des tensions pour les isolateurs à chapeau et à support droit et pour le type articulé. On voit que, pour la tension correspondant à celle qui existe entre le conducteur et le sol, il y a une répartition très inégale entre les isolateurs. Dans le chapelet de 14 isolateurs à chapeau et à support droit, la tension portant sur l'isolateur voisin de la ligne est d'environ 25000 v, soit à peu près 2 fois 1/2 la moyenne, mais à peu près 6 fois la tension portant sur les isolateurs inférieurs du chapelet.

Dans le type articulé, nous avons encore une plus mauvaise répartition de la tension, le maximum étant d'environ 57000 v, soit 4 fois la moyenne et à peu près 10 fois la tension portant sur les éléments inférieurs du chapelet.

Cette inégalité de la tension agissant sur les isolateurs entraîne une inégalité d'efforts exercés sur l'air, mais surtout *une répartition non uniforme de la résistance de fuite le long du chapelet*. Les efforts maxima s'exerçant sur l'air et sur la résistance de fuite atteignent 6 à 10 fois la moyenne. La diminution de ces maxima est donc d'un grand intérêt et le but visé est d'obtenir que les efforts exercés soient mieux répartis sur tout le chapelet, même dans les pires conditions.

Etude de la cause de la répartition défectueuse des efforts et moyens d'y remédier. — Avant de prétendre qu'on comprend complètement une question, il faut être à même de figurer les faits par des chiffres ou par un diagramme. Avant donc de faire l'analyse rationnelle d'un isolateur, il nous faut connaître les facteurs qui limitent les divers efforts, à savoir :

1° Les efforts auxquels est soumis l'air;

2° Les efforts auxquels est soumise la résistance de fuite;

3° Les efforts s'exerçant sur chaque isolateur.

Les efforts auxquels est soumis l'air, nous les connaissons : la figure 6 les indique et, pour avoir une action sur ce facteur, il faut élargir le conducteur à l'endroit de l'isolateur comme le montrent les figures 7 et 8. La première condition pour avoir un bon isolateur, c'est donc que les pièces métalliques soient conçues de manière à soumettre l'air à de faibles efforts au voisinage du conducteur et le long du chapelet d'isolateurs, au moins près de l'extrémité qui se trouve du côté du fil.

Les efforts s'exerçant sur chaque isolateur influent sur ceux auxquels est soumise la résistance de fuite et, par suite, il importe de réduire la charge maximum de chaque isolateur. Les efforts maxima s'exerçant sur la résistance de fuite peuvent être diminués : 1°, en réduisant la tension portant sur chaque élément et, 2°, en agrandissant le support comme l'indique la figure 8 et en organisant le trajet des lignes de résistance de métal à métal comme l'indiquent les figures 14 et 15. L'agrandissement du support et la pose d'un bouclier sur le conducteur diminuent également la tension maximum portant sur les isolateurs voisins de la ligne. L'intérêt qu'il y a à diminuer le maximum des efforts tendant à la fuite ressort de ce fait que, pour l'isolateur à support droit avec enveloppe interne serrée, on obtient de meilleurs résultats en service si l'on enlève l'enveloppe. C'est une manière de diminuer le maximum des efforts tendant à la fuite, mais il y aurait lieu de tenir compte de ce fait dans la construction.

Ainsi donc, nous avons déjà deux moyens pour obtenir un bon isolateur : 1° l'élargissement du conducteur et des pièces métalliques et 2° l'élargissement du support. Comme nous le verrons plus loin, ces deux points ont leur importance pour la répartition des efforts portant sur les divers éléments du chapelet.

Le troisième facteur, la bonne répartition des efforts entre les isolateurs, implique la connaissance des raisons de la mauvaise répartition le long du chapelet.

On peut donner une explication en indiquant les caractéristiques de tout chapelet d'isolateurs en fonction de certains facteurs seulement; nous n'obtiendrons pas ainsi tous les éléments nécessaires pour faire complètement la lumière, mais cette méthode permet d'expliquer, d'une façon simple et pratique, beaucoup de résultats d'expérience et l'auteur pense qu'elle provoquera une étude plus approfondie du sujet. Cette étude permettra de construire les isolateurs et de donner des justifications comme on le fait lorsqu'on est en présence de toute autre difficulté technique.

Digitized by Google

Les figures 9A, 9B, 9C et le tableau 9D fournissent l'explication qui résulte de l'étude des courbes de répartition représentées dans les figures 10 et 11.

(Chaque chapelet d'isolateurs pris à part peut être considéré comme une petite section de la ligne de transmission avec la tension Y entre ses extrémités et avec des courants actifs B prélevés aux différentes sections (ou éléments) et des courants actifs C fournis aux sections. Les courants B dépendent de la tension dans la section envisagée.)

Examinons la figure 10, qui est la courbe de répartition de la tension pour 14 isolateurs à chapeau et support; cette courbe représente la tension à travers les isolateurs, mais comme la tension est proportionnelle aux courants traversant les isolateurs, la courbe représente également, dans une certaine mesure, les dits courants. Or, la différence entre les courants traversant les nos 13 et 14, par exemple, est le *courant net* circulant des pièces métalliques au pylône ou au sol. En prenant les différences de tensions et en les marquant à partir de la ligne a (contrainte moyenne par élément, soit 9,1 kv), nous obtenons la courbe II, qui repré-

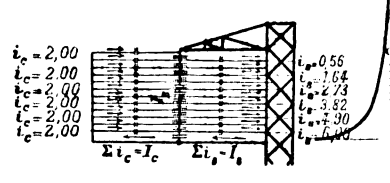


Fig. 9A

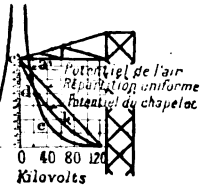


Fig. 9B

Analyse des courbes de répartition :

9A représente approximativement les différents trajets de courants par rapport au chapelet d'isolateurs.

9B représente le potentiel. La courbe du potentiel de l'air montre la différence de potentiel entre la surface du conducteur et l'air à toute distance du conducteur.

La ligne droite marquée « répartition uniforme » est la figure du potentiel que nous aurions pour le chapelet d'isolateurs si la chute de tension était uniforme le long du chapelet. La courbe marquée « potentiel du chapelet » représente la tension réelle le long du chapelet depuis le pylône jusqu'au conducteur. En dessous du point d, le potentiel de l'air est inférieur au potentiel du chapelet, ce qui fait que le courant part du chapelet, tandis qu'au-dessus du point d, c'est l'inverse qui se produit et le courant vient vers le chapelet. D'où la ligne c'c de la figure 9C, montrant la différence entre les courants B et C. Considérant les divers courants représentés dans la figure 9A nous avons :

1° I_A qui est le courant en série traversant le chapelet. Ce courant varie comme la tension à travers le chapelet et en raison inverse du nombre d'isolateurs du chapelet. Pour la facilité, nous assignerons une valeur de 10 à ce courant dans un chapelet de 12 isolateurs du type à chapeau et à support droit avec une contrainte de 10 kv par isolateur ou 120 kv pour tout le chapelet ;

2° I_B qui est le courant de capacité allant du chapeau au pylône ou au sol, variant en proportion directe de la tension entre le chapeau et le sol. Dans un chapelet de 12 isolateurs à chapeau et à support droit où I_A est de 10, I_B, le courant par isolateur variera de 0 au chapeau de l'isolateur fixé au pylône, à environ 6 au chapeau de l'isolateur touchant le fil. I_B qui passe dans le chapelet en tout point est la somme des courants partant des chapeaux et circulant entre le point considéré et l'extrémité du chapelet vers le sol ;

3° I_C, qui est le courant de capacité allant du conducteur à chaque chapeau. Puisque le trajet d'impédance se compose surtout du trajet à travers l'air entre la ligne et le premier élément, puis des trajets successifs en série à travers le chapelet d'isolateurs, il est pratiquement constant. Dans un chapelet de 12 isolateurs à chapeau et à support droit, où I_A est supposé égal à 10, I_C, le courant par isolateur, sera à peu près constant et égal à 2. I_C circulant dans le chapelet en tout point est la somme des courants se dirigeant vers tous les chapeaux entre le point considéré et l'extrémité du chapelet vers le sol et peut être considéré comme de signe opposé au courant I_B, parce que le courant va du fil de ligne au chapeau de l'isolateur et non du chapeau vers le pylône ou le sol. (Observez que les courants de chapeau à chapeau sont à peu près compensés.)

Tableau 9 D.

ISOLATEUR	COURANT EN SÉRIE DANS LE CHAPELET I_A	COURANT DE CAPACITÉ DU CHAPEAU AU PYLÔNE I_B		COURANT DE CAPACITÉ DU FIL AU CHAPELET I_C		COURANT TOTAL $I_A + I_B - I_C$
		dans chaque isolateur	dans le chapelet	dans chaque isolateur	dans le chapelet	dans le chapelet
1	10	0	0	2,00	2,00	8,00
2	10	0,55	0,55	2,00	4,00	6,55
3	10	1,09	1,64	2,00	6,00	5,64
4	10	1,64	3,28	2,00	8,00	5,28
5	10	2,18	5,46	2,00	10,00	5,46
6	10	2,73	8,19	2,00	12,00	6,19
7	10	3,27	11,46	2,00	14,00	7,46
8	10	3,82	15,28	2,00	16,00	9,28
9	10	4,36	19,64	2,00	18,00	11,64
10	10	4,90	24,54	2,00	20,00	14,54
11	10	5,46	30,10	2,00	22,00	18,00
12	10	6,00	36,00	2,00	24,00	22,00

Le tableau D montre le résultat obtenu en se servant des valeurs données plus haut à I_A, I_B et I_C, soit 10, 0 à 6 et 2, et en faisant application à un chapelet de 12 isolateurs à chapeau et à support droit. La tension est supposée de 10000 v par isolateur ou 120000 v pour le chapelet et, puisque la différence de potentiel est proportionnelle au courant, nous avons une mesure de la tension par isolateur du moment que nous connaissons le courant qui circule. En prenant les valeurs de 0, 6 et 2 au lieu d'autres ayant le même rapport, la courbe indiquée dans la figure 9C peut être lue directement en kilovolts par isolateur.

Les valeurs relatives des courants A, B et C telles qu'elles ont été adoptées ci-dessus conviennent pour des isolateurs à chapeau et à support droit quand la tension dans chaque isolateur a une valeur moyenne de 10000 v. Pour les isolateurs du type Hewlett, les courants B et C sont approximativement les mêmes que pour ceux à chapeau et à support droit, mais la capacité en série du type Hewlett n'est qu'environ les 2/3 de celle du type à chapeau et à support droit, de sorte qu'en conservant pour I_A la même valeur (10), les valeurs de B et de C seront relativement plus grandes et on aura pour A, 10 ; pour B, 0 à 9 ; pour C, 3. On peut partir de là pour tracer une courbe correspondant à un chapelet d'isolateurs type Hewlett, semblable à la courbe de la figure 9C.

Digitized by Google

sente les *courants nets*, partant du chapelet ou y arrivant. On remarquera que, au-dessous du cinquième isolateur, les courants partent du chapelet et qu'au-dessus de ce point, ils vont de l'atmosphère au chapelet.

Pour chercher à trouver une explication physique de cet état de choses, nous traçons le diagramme de répartition des tensions dans le chapelet d'isolateurs et le gradient de potentiel à gauche de la figure 10 et, en comparant avec les données de la courbe II, nous voyons que, lorsque le *courant net* partant des pièces métalliques est nul, le potentiel du chapelet et le potentiel de l'air doivent être le même.

Nous voyons aussi que la somme des courants au-dessus de la ligne où la courbe de répartition I coupe la courbe de la tension moyenne, doit être zéro et que le courant c' a' existant au chapeau du sommet doit n'être dû qu'au courant qui va vers ce chapeau, car ce dernier est au potentiel o.

Cette constatation, d'une part, le calcul de la chute de potentiel à travers l'air près du conducteur (qui, nous le savons, suit une courbe logarithmique), d'autre part, et, enfin, ce fait que le potentiel de l'air descend à zéro à quelque distance au-dessus de la traverse dans la portée, permettent de déduire approximativement le potentiel de l'air. La différence entre le potentiel de l'air et celui du chapelet est produit

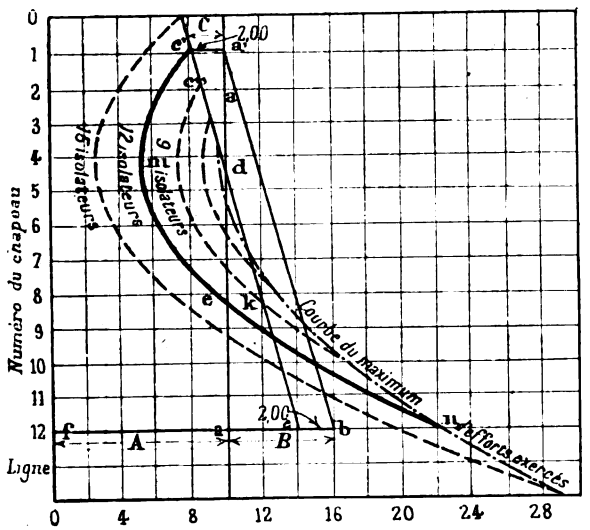


Fig. 9C. — Analyse des courbes de répartition.

Pour tracer la courbe de répartition de la tension, posons $aa' = I_A = 10$, valeur constante pour chaque isolateur; puis a'b tel que $ab = I_B = 0$, faisant ainsi varier I_B de o à 6; enfin, c'c de même pente ou parallèle à a'b, de sorte que $c'a' = cb = 2$.

On trouve la courbe de répartition de la tension en portant en abscisses les valeurs $I_A + I_B - I_C$ de la dernière colonne du tableau 9D et en ordonnées, les numéros d'ordre des éléments de la chaîne; d'après les hypothèses faites plus haut, les intensités exprimées en ampères représentent, en kilovolts, la tension subie par chaque élément.

Le minimum de tension se produit à peu près au tiers de la distance entre le pylône et le conducteur et la courbe de tension croise la ligne moyenne de tension a'a en un point e, tel que la surface c'a'd est égale à la surface ked.

Cela signifie qu'au-dessus du point e, les tensions sont compensées et que, par suite, la seule partie du chapelet où il est nécessaire d'uniformiser les tensions est le tiers inférieur.

Ayant donné la courbe pour 12 isolateurs, les courbes correspondant à une autre longueur de chapelet où la tension reste en moyenne de 10000 v par élément, peuvent être tracées à titre de comparaison. Puisque la tension minimum est toujours aux environs du tiers de la distance entre le pylône et le conducteur, nous pouvons considérer 1/3 de la différence de longueur comme appliqué à l'extrémité du chapelet du côté du pylône et les 2/3 à l'extrémité du côté de la ligne.

Le courant A restera égal à 10 comme auparavant, puisque la tension totale à travers le chapelet est dans le même rapport avec le nombre d'isolateurs. L'inclinaison de a b restera 6/11 comme auparavant, parce que le taux de changement de tension ne sera pas modifié. Si nous raccourcissons le chapelet de trois éléments, en enlevant un élément en haut et deux en bas, pour maintenir le point minimum au tiers de la distance entre le pylône et la ligne, la valeur du courant B dans l'isolateur inférieur sera $I_B : (11 - 3) \times 6/11 = 4{,}36$. Le rapport entre le courant B dans l'isolateur touchant la ligne et le courant C est de 3 à 1; donc I_C devient 1,45 et le premier point sur la courbe pour un chapelet de 9 éléments est $C' = 10 - 1{,}45$. De même, nous pouvons tracer la courbe d'un chapelet à 6 ou à 3 éléments, ou d'un chapelet allongé jusqu'à 15 éléments.

Amélioration dans la répartition par l'uniformisation. — Comme le montrent les figures 9c, 10 et 11, la somme des courants $(B - C)$ partant du chapelet ou y allant est compensée au-dessus de e point où la courbe coupe la ligne moyenne. Si donc, nous uniformisons la tension dans les éléments au-dessous de e, de façon à la rapprocher de la moyenne, la partie supérieure de la courbe évoluera vers la droite autour de e comme centre ou bien se déplacera horizontalement vers la droite, les efforts enlevés aux éléments du bas étant appliqués à ceux du haut, ce qui améliore la répartition générale. Nous pensons que ce résultat peut être très bien obtenu en adoptant pour les 4 éléments inférieurs un calibre plus fort, de façon à avoir des supports plus gros et en augmentant la capacité par des boucliers fixes mis autour des supports. Il en résulte une diminution des efforts s'exerçant sur la résistance de fuite dans les éléments inférieurs.

Amélioration de la répartition par des boucliers. — En élevant le potentiel de l'air à l'opposé des éléments inférieurs (voisins de la ligne), on peut augmenter les courants C et diminuer les courants B. Cela améliore la répartition, mais cela a aussi pour effet d'augmenter le potentiel de l'air au-dessus et d'augmenter les courants allant vers la partie supérieure du chapelet; les arcs par temps sec tendent à aller au sol par la partie supérieure du chapelet d'isolateurs. Il y a aussi des inconvénients pratiques à augmenter le potentiel du conducteur au-dessus des éléments inférieurs.

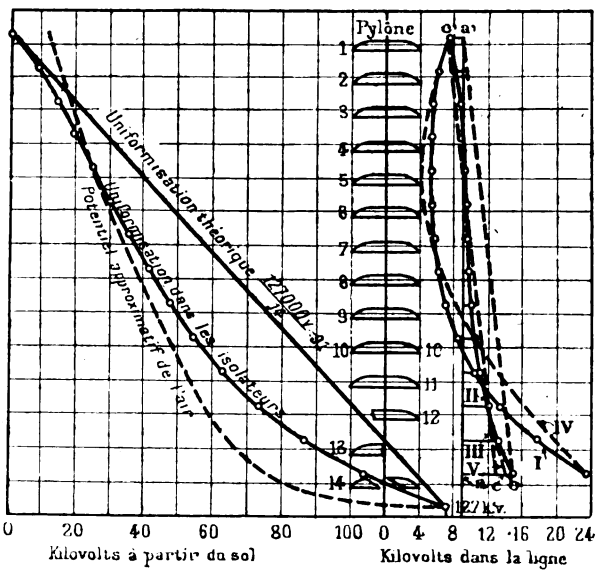


Fig. 10. — Répartition réelle des tensions et répartition calculée. Isolateurs à chapeau et à support droit. Chapelet de 14 unités. 127 kv.

Courbe I, répartition réelle d'après les essais.
Courbe II, $A + (B - C)$ d'après les essais.
Courbe III (droite), $A + (B - C)$, d'après le calcul en supposant $B = 6$, $C = 2$.
Courbe IV, répartition des tensions en kilovolts, calculées d'après la courbe III $(A + \Sigma (B - C))$.
Courbe V, courbe II telle qu'elle serait s'il n'y avait pas de perturbation du champ due au support inférieur et au conducteur.

Digitized by Google

par le courant qui va vers le chapelet ou en part, comme l'indique la courbe II.

Nous savons que les courants circulant entre les pièces métalliques et le pylône ou le sol sont à peu près proportionnels à la tension et que, par suite, une ligne a'b peut les représenter. Si nous remplaçons la ligne courbe II par une ligne droite III, pour la simplicité, et si nous calculons la répartition du potentiel, nous obtenons la courbe IV qui se rapproche beaucoup de la courbe I. A l'isolateur inférieur, l'effort électrique considérable détermine un potentiel additionnel. La différence entre les lignes a'b et c'c représente approximativement les courants allant du fil aux parties métalliques. Telle est la base expérimentale sur laquelle repose la discussion donnée sous la figure 9, où 9 B est supposé représenter les conditions physiques, 9 A les conditions électriques et 9 C donne une représentation graphique des phénomènes. La figure 11 donne les résultats expérimentaux pour le type articulé d'isolateurs.

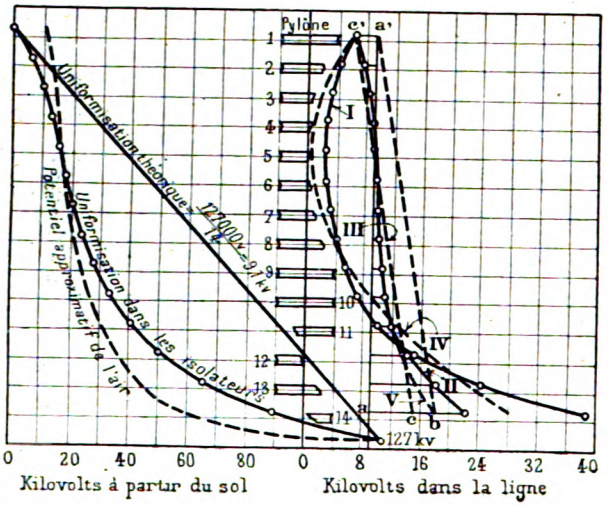


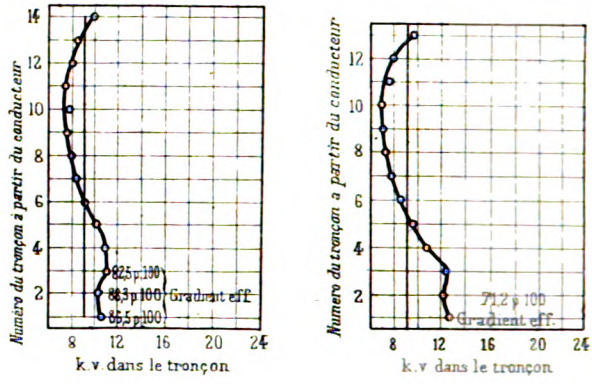
Fig. 11. — Répartition réelle des tensions et répartition calculée. Isolateurs Hewlett. Chapelet de 14 éléments. 127 kv.

Courbe I, répartition réelle d'après les essais.
Courbe II, $A + (B - C)$ d'après les essais.
Courbe III (droite), $A + (B - C)$, d'après le calcul en supposant $B = 9$, $C = 3$
Courbe IV, répartition des tensions en kilovolts, calculées d'après la courbe III ($A + \Sigma (B - C)$).
Courbe V, courbe II telle qu'elle serait s'il n'y avait pas de perturbation du champ due au support inférieur et au conducteur.

Tout en n'étant pas considérée comme exacte, cette analyse nous aide à comprendre la question des isolateurs.

On peut obtenir une répartition satisfaisante de la tension dans le chapelet comme le montrent les figures 9, 10, 11, 12 et 13 : 1° par l'emploi d'un bouclier annulaire; 2° par l'emploi d'un bouclier à corne isolée; 3° par la gradation de la capacité du tiers inférieur des isolateurs; 4° par la combinaison d'isolateurs à support droit à l'extrémité du chapelet du côté de la ligne avec des isolateurs à disque à l'extrémité supérieure du chapelet.

Les moyens visés au 1° et 2° sont très analogues et conduisent au résultat en réglant le champ par la diminution des courants B et l'augmentation des courants C (le courant B est le courant qui va des pièces métalliques des isolateurs au pylône ou au sol et les courants C sont ceux qui vont du conducteur aux pièces métalliques des isolateurs, comme l'indiquent les figures 9, 10 et 11). L'inconvénient d'élever le potentiel de l'air au dessus de celui des isolateurs, est qu'on augmente aussi les courants C allant à la partie supérieure du chapelet et les arcs par temps sec tendent à s'amorcer dans le haut du chapelet. Par l'emploi des boucliers



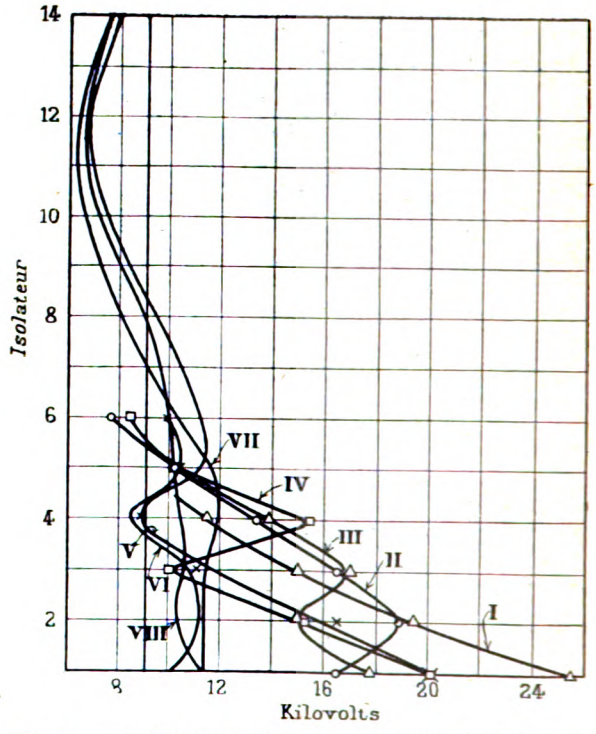


Fig. 12. — Isolateurs à chapeau et à support droit Locke, disposés en vue de la répartition de la tension.

Courbe I. 14 isolateurs type à chapeau et à support droit de 10 pouces (25,4 cm), n° 5800. Non compensé.
Courbe II. 1 isolateur de 12 pouces spécial et 13 n° 5800. Pas d'uniformisation. Boucliers pare-effluves sur la base de l'isolateur de 12 pouces (12 × 2,54 cm).
Courbe III. 2 isolateurs de 12 pouces spéciaux et 12 n° 5800. Non compensé. Pare-effluves sur l'isolateur de 12 pouces.
Courbe IV. 3 isolateurs de 12 pouces spéciaux et 10, n° 5800. Non compensé. Pare-effluves sur les isolateurs de 12 pouces.
Courbe V. 4 isolateurs de 12 pouces spéciaux et 10 n° 5800. Non compensé. Pare-effluves sur les isolateurs de 12 pouces.
Courbe VI. 4 isolateurs de 12 pouces spéciaux et 10 n° 5800. Compensation par deux tubes de 4 sur 24 pouces parallèles au 3e élément
Courbe VII. 14 isolateurs n° 5800 de 10 pouces. Type à chapeau et à support droit. Compensation par une bague de 1 pouce 1/2 sur 30 pouces au centre du 3e élément.

Digitized by Google

de support et de ligne, on peut diminuer la hauteur du bouclier à anneau ou à cornes et on écarte ainsi en partie le reproche fait aux boucliers.

Par le moyen visé au 3°, on cherche à maintenir le potentiel du chapelet aussi supérieur que possible à celui de l'air et, par là, on tend à empêcher les arcs de pénétrer dans le chapelet. En disposant quatre isolateurs de gros calibre avec de forts supports pour augmenter la capacité électrostatique à l'extrémité du chapelet du côté du conducteur et en se servant du bouclier de ligne, nous obtenons un chapelet très simple. Il est possible d'employer les quatre gros isolateurs et un bouclier à petite bague ou à courte corne

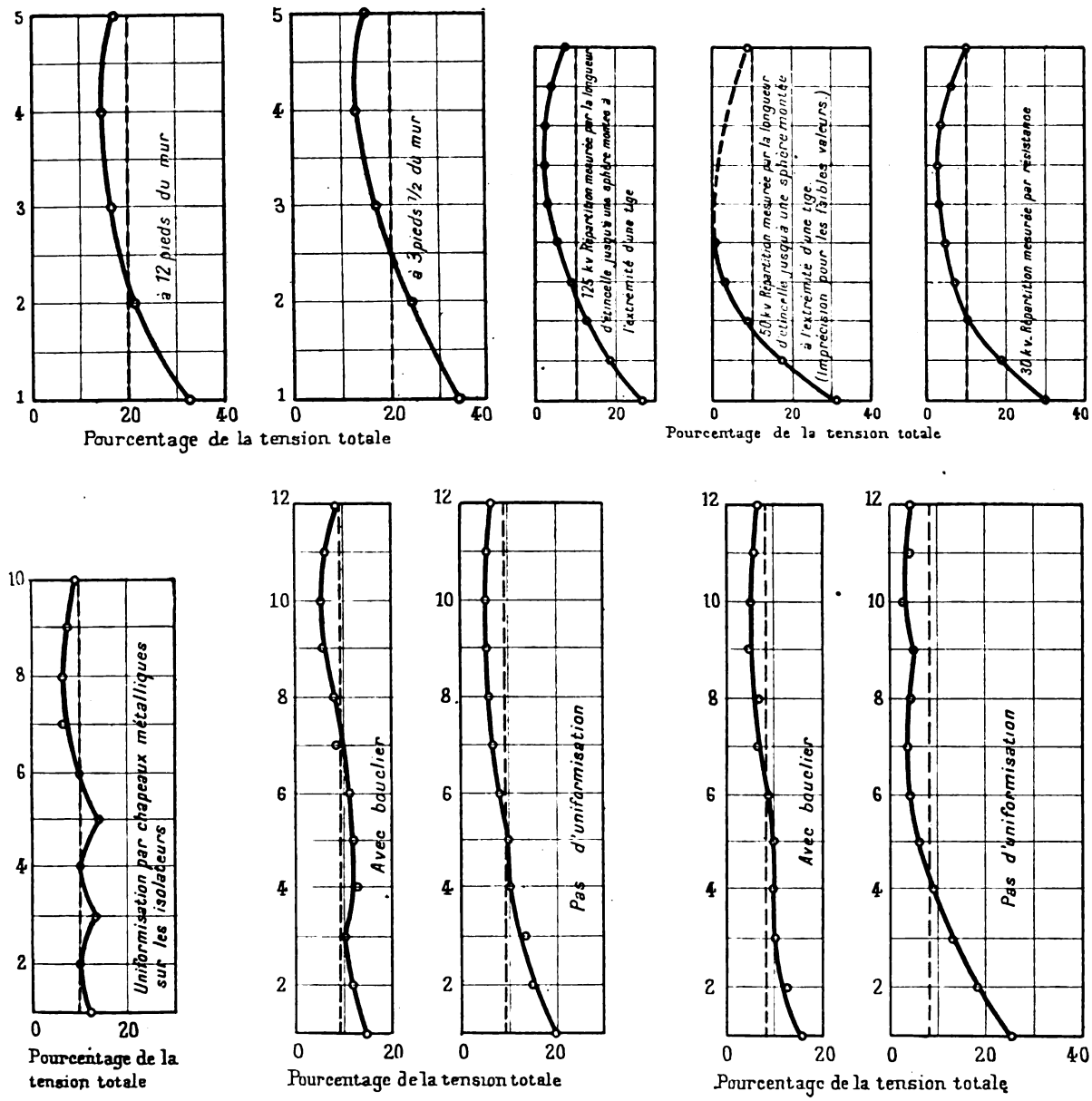


Fig. 13 A. — Courbes de répartition pour des isolateurs Hewlett.

isolée pour uniformiser le potentiel dans les deux isolateurs inférieurs, si l'on veut. De cette façon, on diminuerait les dimensions et la hauteur du bouclier dont on se sert dans les méthodes 1° et 2°, ce qui en amoindrirait les inconvénients. Le diagramme de répartition du potentiel de l'air entre le conducteur et le pylône doit être aussi régulier que possible, car plus il est accidenté, plus les arcs tendent à se produire. Il faut pour cela un long chapelet; le potentiel de l'air dû au conducteur doit être aussi faible que possible.

Par le moyen suggéré au n° 4, on ramène le potentiel du chapelet aux environs du potentiel de l'air. Nous n'indiquons ici ce moyen que comme constituant une possibilité, car il n'a pas été appliqué en pratique. On emploiera, sans doute, d'autres systèmes combinant les isolateurs à disque actuels avec de grands isolateurs ou avec des douilles ou autres dispositifs placés à l'extrémité du chapelet vers le conducteur.

Par temps humide, la répartition du potentiel dans le chapelet est bien meilleure. Mais ce qui importe le plus,

Digitized by Google

c'est la répartition de la résistance de fuite, avec des isolateurs encrassés, à l'état humide et à l'état sec.

Par suite de leur longue ligne de fuite et de leur faible

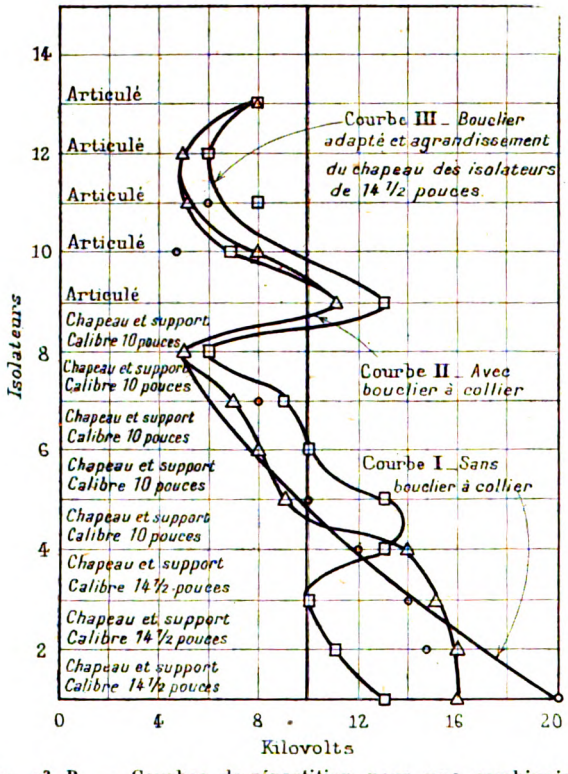


Fig. 13 B. — Courbes de répartition pour une combinaison d'isolateurs articulés et d'isolateurs à chapeau et à support.

prix de revient et à cause aussi des conditions du champ électrique dans les deux tiers supérieurs du chapelet, les isolateurs à disque actuels assurent une bonne solution du problème.

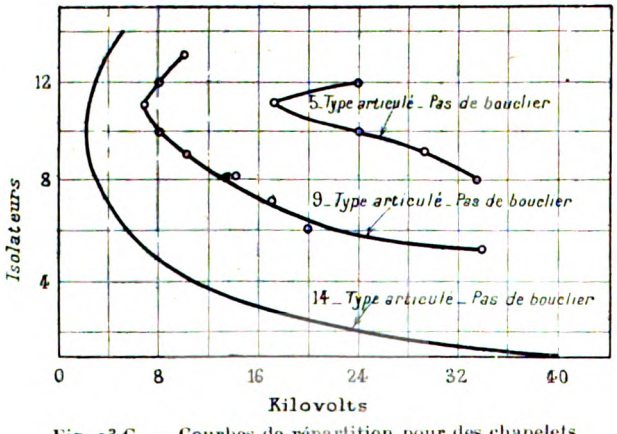


Fig. 13 C. — Courbes de répartition pour des chapelets de longueurs différentes, avec tension constante.

L'auteur ne doute pas que les fabricants n'arrivent à trouver une solution satisfaisante pour les isolateurs voisins du conducteur et à réduire les efforts auxquels est soumise la résistance de fuite ainsi que les efforts s'exerçant sur l'air à moins de la moitié de ce qu'ils sont actuellement sur les lignes de 110 000 à 175 000 v. Il le faut pour obtenir un bon fonctionnement.

Avec un chapelet où une bonne répartition des efforts

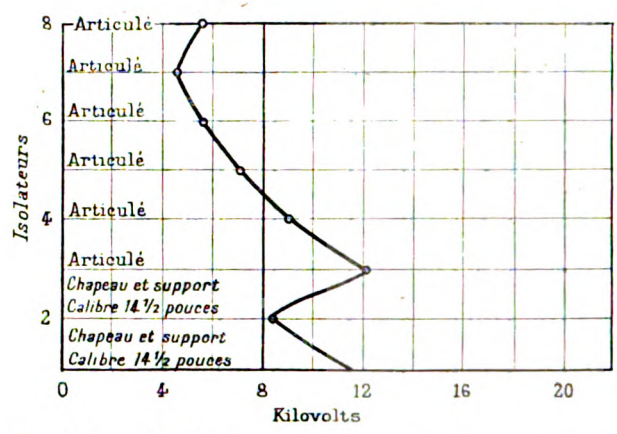


Fig. 13 D. — Combinaison d'isolateurs articulés et d'isolateurs à chapeau et à support pour ligne à 110 000 v.

n'est pas assurée, le coefficient de sécurité est plus grand à l'extrémité du chapelet du côté du pylône qu'à l'extrémité du chapelet du côté du conducteur. Il faudrait

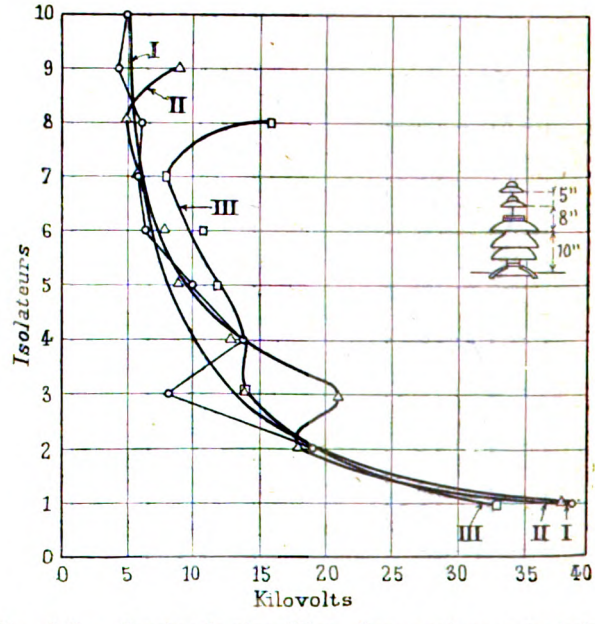


Fig. 13 E. — Courbes de répartition, d'une part, pour des isolateurs articulés et, d'autre part, pour des isolateurs articulés et des isolateurs à chapeau et à support, combinés de façon à ce que la répartition des tensions dans le chapelet d'isolateurs se rapproche de la répartition du potentiel de l'air. 127 000 v appliqués aux trois chapelets représentés.

Courbe I. Un isolateur spécial en trois parties de 10 pouces, type Lapp à support en contact avec la ligne et neuf éléments à chapeau et support de 10 pouces de la Ohio Brass Co. Pas de bouclier.

Courbe II. Deux isolateurs à support Thomas en contact avec la ligne suivis de sept isolateurs articulés. Bouclier cylindrique avec collier, de 6 pouces de diamètre et 3 pieds de longueur.

Courbe III. Isolateurs Thomas à support à chaque extrémité du chapelet et, entre ceux-ci, six isolateurs Thomas à chapeau et support. Même bouclier que dans le cas précédent.

Digitized by Google

traiter chaque chapelet d'isolateurs comme on traite les spires terminales des transformateurs et, de même qu'on n'ajoute pas d'autres tours, ne pas ajouter d'autre isolateur, mais augmenter l'isolement ou diminuer l'effort qu'exerce la tension sur les isolateurs situés près du conducteur, de façon que ceux-ci puissent, sans fatigue excessive supporter les surtensions dues aux manœuvres de couplage, etc... On peut réaliser ce perfectionnement en employant de plus grands modèles dans le tiers inférieur des isolateurs, avec une capacité électrostatique interne supplémentaire pour réduire la tension, et en adaptant un bouclier externe, qui peut être combiné avec un bouclier de support et de ligne pour diminuer convenablement les efforts auxquels est soumis l'isolateur inférieur.

4. Répartition de la résistance de fuite à la surface de l'isolateur. — La figure 14 donne la répartition théorique de la résistance pour l'isolateur type représenté dans la

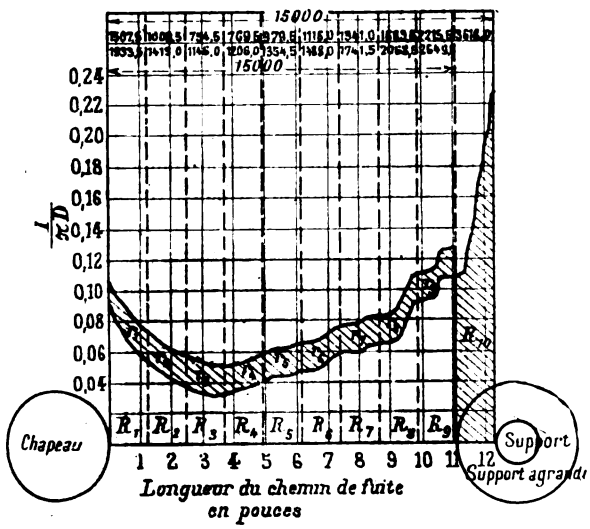


Fig. 14. Répartition de la résistance et moyens de diminuer les efforts maxima auxquels est soumis la résistance. Aire $R_{10} = r_1 + r_2 + r_3 + \ldots$ Voir figure 8 pour la mesure de la ligne de fuite.

figure 10 et pour le support type, avec 25000 v entre le chapeau et le support. On remarquera que la résistance près du support est très élevée et tombe très vite dans le premier pouce, à cause de l'augmentation d'amplitude des chemins de fuite. En agrandissant le diamètre du support, on peut diminuer beaucoup le maximum d'efforts qui se produit près du support et n'augmenter que faiblement la tension dans le reste de l'isolateur. L'aire ombrée R_{10} est égale à la somme des aires ombrées $r_1 + r_2 + r_3$, etc... Ce résultat se produirait à peu près si on mettait en court-circuit la partie du trajet de la résistance de fuite voisine du support, comme on se le propose en adaptant le manchon protecteur autour du support suivant la disposition de la figure 8.

La figure 15 (résultat des expériences du professeur H.-J. Ryan) est très intéressante ; elle montre que, pour l'isolateur dans lequel la répartition de la tension n'a pas été uniformisée, ou qui n'est pas armé de bouclier, on a une tension plus élevée au bord du disque qu'au chapeau. C'est dû, sans doute, à l'intensité du flux près du conducteur. On a, en réalité, 19000 v dans le premier pouce de la surface de fuite.

En mettant en court-circuit la première cloche et en adaptant un bouclier sur le conducteur, on réduit de moitié la tension. En mettant en court-circuit deux cloches, on obtient une courbe bien meilleure, ainsi que le montrent les tracés V et VI. Il conviendrait de pousser les recherches dans ce sens.

La répartition la plus uniforme possible, sur le chapelet entier et sur chaque isolateur, des efforts auxquels est soumise la résistance de fuite, est, bien entendu, le but qu'il s'agit d'atteindre en dernière analyse et c'est la principale raison pour laquelle il faut s'efforcer d'obtenir une bonne répartition de la tension dans le chapelet. Il convient que la répartition reste aussi uniforme que *possible en toute occurrence*.

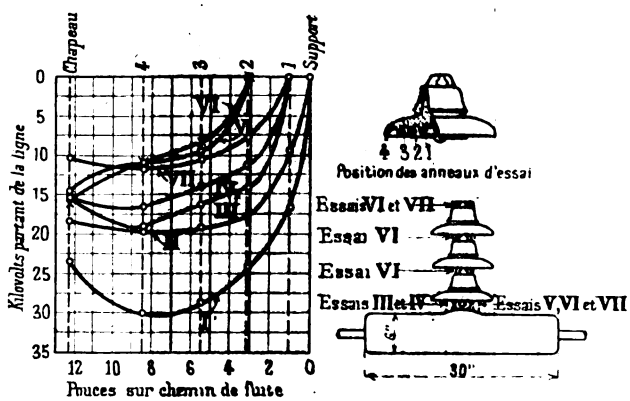


Fig. 15. — Répartition de la tension à la surface de l'isolateur. Isolateur Ohio Brass C° n° 25620.

Conditions. — Tension dans le chapelet, 127 kv par rapport à la terre. Tube en fer de 3/4 de pouce employé comme conducteur. Crampons et ferrures types.

Essai I. — Chapelet de 14 isolateurs OB. Essai sur l'élément inférieur. Bagues en cuivre (n° 14 B et S) fixées avec de la cire dans les positions indiquées. Pas de bouclier régulateur dans le chapelet.

Essai II. — Chapelet de 14 isolateurs. Essai sur l'élément inférieur. Bagues en cuivre (n° 14 B et S comme ci-dessus). Cylindre en fer de 6 pouces de diamètre et 30 de longueur placé sur le conducteur et s'étendant le long du conducteur à 15 pouces de chaque côté de l'isolateur. Bouts du cylindre incurvés.

Essai III. — Chapelet de 14 isolateurs OB. Essai sur l'élément inférieur. Les bagues remplacées par deux arcs de 1/4 de circonférence, les rayons menés au milieu des arcs étant perpendiculaires à la ligne. Cylindre de 6 pouces de diamètre comme en II. Cylindre de tôle autour du support de l'isolateur entre le cylindre de 6 pouces et l'isolateur pour accroître artificiellement le diamètre du support.

Essai IV. — Comme dans l'essai III, sauf que les rayons bissecteurs des arcs sont parallèles à la ligne (position III, tournée de 90).

Essai V. — Chapelet de 14 élements. Essai sur l'isolateur inférieur.

Bagues en cuivre (n° 14 B et S) fixées dans les positions indiquées. Cylindre de 6 pouces de diamètre comme en II. Cylindre en tôle autour du support de l'isolateur entre le cylindre de 6 pouces et l'isolateur, pour accroître le diamètre du support.

Essai VI. — Quatre isolateurs Hewlett en haut du chapelet; cinq isolateurs O.B; ensuite, quatre isolateurs O.B. munis de cylindres entourant le support et en contact avec le chapeau de dessous, pour accroître la largeur du support. L'élément inférieur comme dans l'essai V. Diamètre du support comme dans la posision II et cylindre de 6 pouces de diamètre sur 30 de longueur autour du conducteur.

Essai VII. — Chapelet de 14 isolateurs O.B. Essai sur le 4e élément à partir de la base. Isolateur inférieur comme en III, sauf que les arcs sont remplacés par des bagues de cuivre (n° 14 B et S). Cylindre en tôle entourant le support du 4e élément et en contact avec le chapeau du 3e élément, pour augmenter le diamètre du support.

Digitized by Google

5. Isolement des disjoncteurs, transformateurs, etc. — Dans les premiers temps de la transmission de la force motrice, on abritait les transformateurs, les disjoncteurs, etc..., pour les protéger des intempéries. Comme le nombre des sous-stations augmentait, on a trouvé que la dépense de logement des appareils dépassait le prix de ces derniers. D'où le développement des appareils en plein air.

Etant donné l'emplacement nécessité par des disjoncteurs

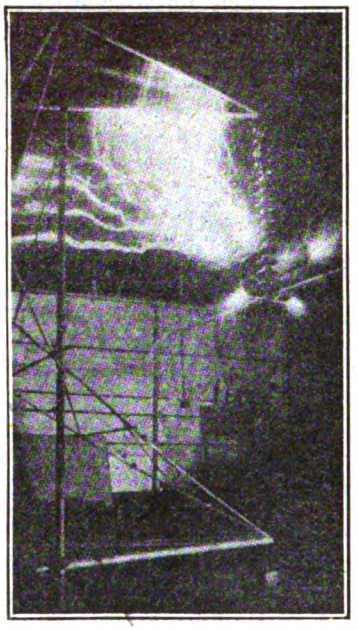


Fig. 16. — Arcs de haute fréquence avec boucliers horizontaux de 4 pouces sur 24.

d'une sous-station de 220 000 v, il convient d'utiliser les appareils de plein air tant que leur prix de revient total n'est pas supérieur à ce que coûteraient des appareils abrités. Il est vraisemblable qu'il y a avantage à mettre les transformateurs et les appareils disjoncteurs en plein air plutôt que dans un bâtiment. Mais avec l'interrupteur à huile, on peut être conduit à une autre conclusion, car l'agrandissement des bornes de sortie nécessaires pour permettre l'usage en plein air entraîne des proportions anormales pour les cuves, de sorte que le prix de revient d'un interrupteur d'une certaine puissance peut varier à peu près en fonction du carré de la tension, si tous les éléments sont en rapport avec les bornes. C'est ainsi qu'un disjoncteur peut coûter environ le double pour 220 000 v que pour 150 000 v, à cause des cuves plus fortes et de la quantité d'huile plus grande.

Or, le calibre de la borne dépend surtout des conditions d'éclatement de l'arc par un temps humide. Avec une borne pour interrupteur de 165 000 v, un arc s'amorce par temps sec à une tension d'environ 480 000 à 520 000 v et, par temps humide, à une tension d'environ 350 000 v.

La borne correspondant à un disjoncteur de 220 000 v aura, par temps humide, un arc à une tension d'environ 450 000 v. C'est-à-dire, qu'en maintenant sec et propre le disjoncteur de 165 000 v sur des lignes à 220 000 v, on a un coefficient de sécurité plus grand qu'avec un disjoncteur de 220 000 v fonctionnant en plein air. Puisque l'interrupteur de 165 000 kv a toute la puissance de rupture requise, il y aura avantage à s'en servir en le plaçant dans un abri, s'il en coûte moins pour le protéger des intempéries que pour avoir un disjoncteur de tension plus élevée.

Il n'en est pas de même avec les transformateurs, car les cuves sont si grandes que le surcroît de frais pour les bornes est la seule dépense supplémentaire à envisager pour une tension plus élevée. Si l'arc par temps humide était augmenté en augmentant la longueur et non le diamètre, on réduirait la dimension des cuves, etc...

Etant donné les progrès de la technique en matière de disjoncteurs à haute tension, on ne dépensera pas plus pour eux qu'il n'est nécessaire dans l'état actuel.

Pour conclure, il convient d'étudier attentivement les moyens de protéger les disjoncteurs à huile contre les intempéries. Sous ce rapport, on pourra remarquer que, avec une fréquence de 60 p : s, l'arc éclate par temps humide, pour une série de 14 isolateurs à disque en bon état de propreté, à une tension d'environ 450 000 à 550 000 v, mais que, en plein air, par suite de l'encrassement, la tension d'éclatement serait naturellement plus faible. Il faut, bien entendu, que les disjoncteurs aient un coefficient de sécurité plus élevé que les isolateurs. Un simple toit peut suffire à les protéger.

6. Amorçage des arcs sur les isolateurs de la ligne par temps sec et par temps humide. — *Arc de haute fréquence.* — On peut avoir une action sur l'arc à haute fréquence comme

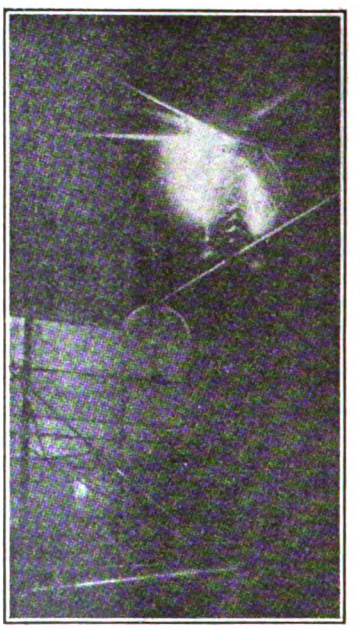


Fig. 17. — Arcs de haute fréquence avec boucliers verticaux de 4 pouces sur 12.

le montrent les figures 16 et 17, qui n'ont pas besoin de commentaires. Le bouclier à anneau métallique assure également bien le contrôle de cet arc.

Arc se produisant à la fréquence de 60 p : s, par temps sec et par temps humide. — La tension d'amorçage par temps sec pour un chapelet de 14 isolateurs, protégé par des boucliers à anneau ou à cornes isolées, est d'environ 700 000 v soit 50 000 v par élément. L'arc franchit assez bien les isola-

Digitized by Google

teurs, mais il pénètre parfois dans le tiers supérieur du chapelet.

Par temps humide, l'arc tend à suivre le chapelet d'isolateurs et la tension d'éclatement est environ 60 pour 100 de ce qu'elle est par temps sec. L'arc, par temps sec comme par temps humide, dépend de l'impédance du chapelet et, plus particulièrement, de l'impédance des 2/3 supérieurs du chapelet.

Il importe d'être maître de l'arc par temps humide pour le tenir à distance du chapelet d'isolateurs. Des expériences ont été faites pour montrer que l'on peut orienter l'arc à volonté et le détourner du chapelet. La figure 18 montre l'arc dirigé de façon à aller vers la traverse inférieure. On obtient ce résultat en suspendant deux isolateurs

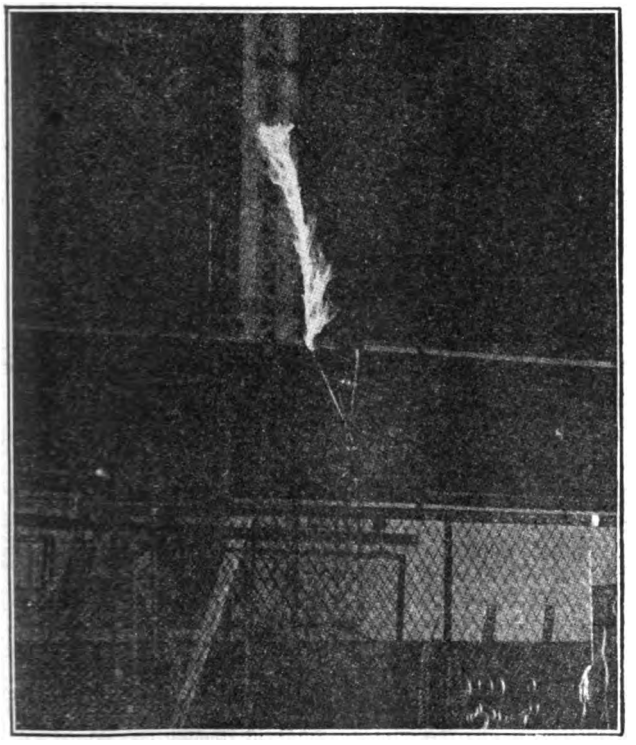


Fig. 18. — Arc par temps humide éclatant à 508 kv.
Arc par temps sec éclatant à 728 kv.

convenablement espacés en dessous du conducteur et en adaptant une aiguille sur la traverse inférieure pour orienter l'arc. Il est à prévoir que les isolateurs en dessous de la ligne prendront la poussière et l'humidité et que leur action finira par devenir moins efficace. Les figures 19 et 20 montrent des amorçages d'arc obtenus dans d'autres conditions.

Au lieu de suspendre au fil de ligne les isolateurs supplémentaires, on peut les suspendre à la traverse inférieure, à 2 pieds environ des isolateurs de la ligne en allant vers le pylône. On arrive, par une disposition appropriée, à mettre le chapelet hors de la portée de l'arc qui se forme soit par temps sec, soit par temps humide. Enfin, on peut suspendre à la traverse, au lieu des isolateurs, un tube de porcelaine pour orienter l'arc. Le résultat dans ce cas est même plus satisfaisant que dans les deux précédents. Les fiches d'expériences 1 à 4 de l'appendice montrent ce qu'ont donné les essais des divers moyens d'agir sur l'arc en question.

Nous pensons que l'on doit ne recourir aux moyens d'action sur les arcs par temps sec et par temps humide que comme à un pis aller. Ce qu'il faut s'efforcer de faire, *c'est d'éliminer complètement les arcs* et nous pensons que c'est réalisable sauf en cas d'accident.

Suppression radicale des effluves et des arcs. — L'auteur est convaincu, par toutes ses observations et ses études, que

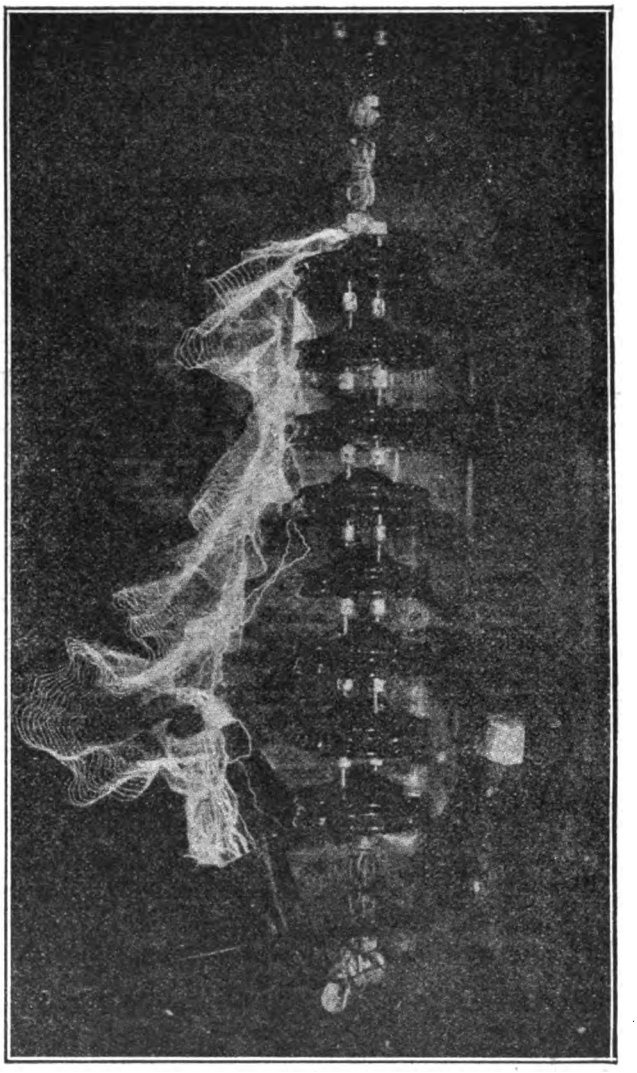


Fig. 19. — Essais sur isolateur n° 1054.
Chapeaux à feuille sur isolateurs à antenne.

Gerbe d'éclairs par temps humide à 331 kv; écartement, 5 pouces 1/2. Gerbe d'éclairs par temps sec pour les 8 mêmes éléments à 380 kv.

le succès définitif des transmissions d'énergie à des tensions plus élevées que ne les permettent les isolateurs à support, doit dépendre d'un mode de construction des pièces métalliques (y compris le conducteur) en contact avec l'air et la porcelaine, tel que la répartition du potentiel et de la résistance de fuite soit aussi uniforme que possible (de façon à prévenir la tendance des arcs à se former). On éviterait aussi les effluves et, par suite, la formation d'acides qui en résulte.

Digitized by Google

7. Conclusion. — Il convient de traiter la question des isolateurs sur les lignes de transmission comme toute autre difficulté technique. On peut espérer que les résultats donnés ici des essais tentés dans ce domaine encourageront les ingénieurs et les fabricants à pousser plus loin l'étude du sujet.

La solution du problème de l'isolement, comme celle de

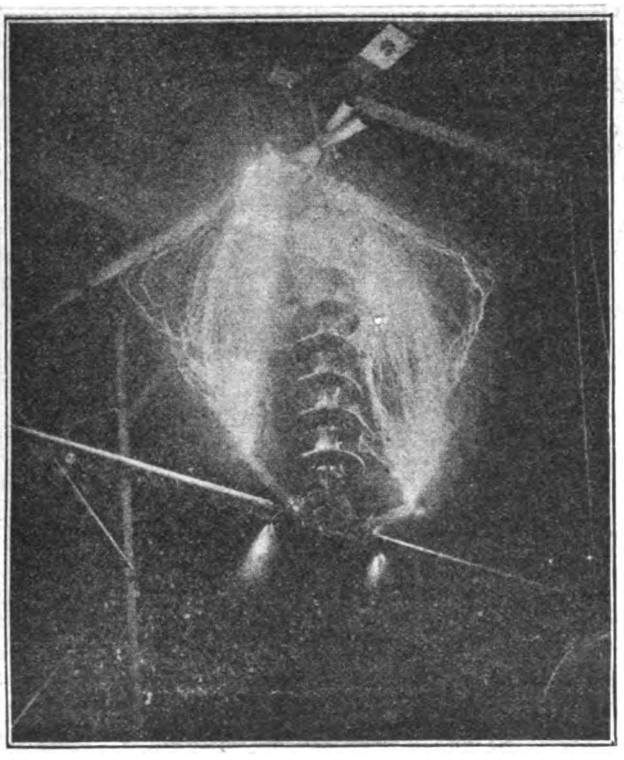


Fig. 20. — Neuf éléments, 3o éclairs, 10 libres et 20 en faisceau.

Remarquer que les lignes de flux s'incurvent à l'extrémité inférieure près de la ligne et font irruption dans la partie supérieure du chapelet à cause du faible potentiel qui y règne. La figure 20 montre qu'il faut augmenter le potentiel du chapelet dans le 1 3 supérieur et diminuer le potentiel de l'air dû au conducteur.

tous les problèmes dont s'occupent les ingénieurs, consiste à agir sur certains efforts mécaniques et électriques qui s'exercent sur chaque élément et à maintenir certains coefficients de sécurité dans toutes les installations de la ligne, ce qui comprend les isolateurs, les pylônes, les interrupteurs, les transformateurs, etc. Il faudrait que ces coefficients de sécurité fussent aussi constants que possible, ce qui implique que la détoriation de l'isolateur soit pour ainsi dire nulle en service. On ne tardera pas à y arriver.

On voit qu'on peut obtenir une répartition satisfaisante de la tension normale soit au moyen de diverses sortes de boucliers, soit par divers systèmes d'uniformisation. Il conviendrait de continuer les recherches dans ces directions, de façon à concrétiser les meilleures solutions sous la forme de modèles complets d'isolateurs que les fabricants seraient à même d'exécuter.

La transmission à 220 000 v n'offre pas plus de difficultés qu'à 110 000 ou à 175 000 v, si l'on donne toute l'attention nécessaire aux efforts auxquels sont soumis chaque isolateur, l'air et la résistance de fuite, et si l'on établit l'isolement de la ligne en conséquence, comme on a organisé le réseau de voies dans nos chemins de fer les mieux équipés. Mais cela suppose, naturellement, qu'on n'ait pas, pour une grande artère sur laquelle circulent les grands rapides, un rail de 120 livres et un autre de 60. Le coefficient de sécurité dans le chapelet d'isolateurs devrait se placer à l'extrémité du chapelet du côté du conducteur, de façon que les à-coups puissent être supportés sans infliger d'efforts anormaux à chacun des isolateurs.

Il conviendrait d'éviter, autant que possible, les chapelets doubles et les chapelets d'isolateurs de haubanage et de recourir à des éléments extrêmement solides, pour permettre aux isolateurs d'osciller dans les angles aussi librement que possible.

On peut admettre des tensions plus élevées que 220 000 v, mais, pour des raisons pratiques données dans la première partie, la tension de 220 000 v devrait être le type pour les transmissions à grande distance de quantités d'énergie considérables; elle est assez élevée pour faire face à toutes les exigences actuelles.

C'est la caractéristique de presque tous les appareils électriques que de se détériorer moins lorsqu'ils sont en service normal que lorsqu'ils restent sans servir pendant une partie de la journée. C'est pourquoi la détérioration dépend beaucoup du maximum de la température et du nombre de changements de température dans une certaine période. Tous les appareils électriques, y compris les lignes de transmission devraient demeurer constamment en service avec un régime tel qu'ils restent le plus possible dans les mêmes conditions. Ainsi, il est vraisemblable que les lignes de transmission fonctionneraient mieux si la tension y était maintenue constante.

Un réseau de transmission dont la tension est contrôlée comme il est indiqué dans la première partie, et dont l'isolement est organisé en conséquence, par l'un des systèmes énumérés dans la seconde partie, de manière à ce qu'il ne s'exerce que de faibles efforts sur l'air et la résistance de fuite, à toutes les tensions et en toutes circonstances, rendrait des services qui ne seraient pas possibles avec des lignes où ces conditions n'existeraient pas. L'auteur espère voir s'ouvrir, dans un avenir prochain, l'ère de la construction des lignes de transmission à 220 000 v; les ingénieurs et les fabricants peuvent contribuer à ce résultat par une judicieuse collaboration.

Digitized by Google

Revues, analyses et informations

Les accéléromètres Auclair et Boyer-Guillon (1).

Les appareils dont il s'agit furent construits avant la guerre et devaient faire l'objet d'une communication en octobre 1914. On a apporté, depuis, de nombreux perfectionnements et dispositifs nouveaux ; ils sont signalés dans cette étude.

1. Accéléromètre pour l'étude des mouvements de translation verticale. — L'auteur décrit d'abord le premier de ces appareils construit au laboratoire des Arts et Métiers ; il indique son fonctionnement et établit l'équation générale d'un tel appareil, qui est la suivante

$$M(\rho^2 + a^2)\frac{d\omega}{dt} = -\frac{P}{g}(\rho a + (T - P)a.$$

dans laquelle M est la masse de la partie mobile ; P, son poids (1 772 kg) ; T, la tension du ressort ; γ, l'accélération étudiée ; a, la distance de l'axe au centre de gravité de la masse ; ρ, le rayon de giration de cette masse.

Cette équation suggère trois manières différentes de concevoir l'application de l'instrument :

a) Si l'on fait $T = P$ d'une façon constante, on obtient le vibromètre dans lequel l'accélération angulaire $\frac{d\omega}{dt}$ de la masse M est proportionnelle à l'accélération rectiligne du corps étudié.

b) Si T varie d'une façon continue pour que $\frac{d\omega}{dt}$ reste constamment nul, on obtient le pendule de Desdouits ;

c) Si l'on maintient la masse immobile en établissant une *butée*, le terme $\frac{d\omega}{dt}$ est nul ; ainsi le premier membre de l'équation se réduit à zéro, mais il faut introduire dans l'autre un terme de la forme $-bK$ correspondant à la réaction de cette butée. L'équation devient alors

$$0 = -\frac{P}{g}a\gamma + (T - P)a - bK,$$

c'est celle de l'accéléromètre.

Cet instrument est donc différencié des deux précédents par un asservissement plus grand de la masse M qui permet d'aborder un cas où les autres ne pourraient être utilisés, l'un par suite de l'étendue des déplacements, l'autre à cause de la rapidité avec laquelle varie l'accélération. Toutefois cette extension de l'emploi du pendule d'inertie n'a pu être obtenue qu'en sacrifiant, dans ce cas particulier, la continuité des mesures.

La figure 1 représente un modèle d'accéléromètre de ce type, étudié par le Laboratoire d'Essais des Arts et Métiers et permettant de faire agir le ressort à la traction ou à la compression pour mesurer $\pm\gamma$. Cette dernière mesure se fait au moment où γ atteint une valeur telle que M se met en mouvement, car, à ce moment, la valeur de la réaction de la butée passe par zéro et on a :

$$\gamma = (T - P)\frac{g}{P},$$

puisque le terme $-bK$ s'annule.

L'auteur décrit ensuite un accéléromètre à trois enregistrements ; celui-ci est formé d'une masse centrale qui porte

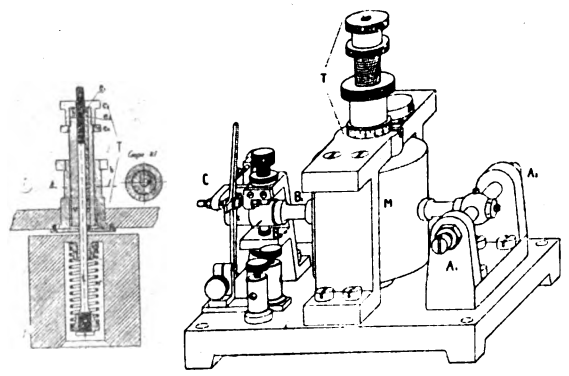


Fig. 1. — Accéléromètre Auclair et Boyer-Guillon étudié au Laboratoire d'Essais des Arts et Métiers.

trois bras à 120°, chaque bras se comportant comme un enregistreur indépendant et les trois résultats obtenus étant inscrits, par un dispositif convenable, simultanément sur le

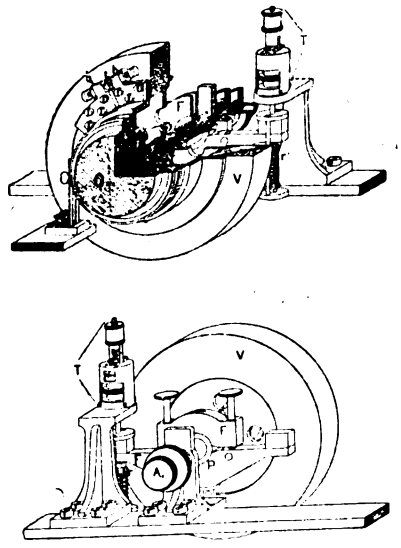


Fig. 2 et 3. — Accéléromètre de rotation, construit au laboratoire de M. Kœnigs.

même cylindre enregistreur. Il envisage ensuite l'application de l'accéléromètre à la détermination continue des accélérations et à l'étude complète d'un mouvement simple ou com-

(1) Boyer-Guillon. *Bulletin de la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale*, novembre 1921, t. cxxxiii, p. 1167-1191, 9000 mots, 19 fig. Cette communication a été signalée dans la « Revue générale de l'Electricité », du 18 octobre 1919, t. vi, p. 500.

Digitized by Google

plexe. Il signale l'importance d'un appareil accessoire, le sélecteur, qui permet de faire les relevés aux instants intéressants; si, par exemple, dans l'étude des châssis d'automobile au moyen du chemin roulant on veut mesurer les accélérations en fonction de la flexion des ressorts, on fera commander le sélecteur par les ressorts eux-mêmes.

2. Accéléromètre pour l'étude des mouvements de rotation. La masse mobile est, dans ce cas, un volant V très lourd lié par un ressort réglable r' à l'axe de rotation (fig. 2 et 3). Ce ressort n'étant réglable qu'au repos, on a adjoint à l'appareil un petit frein de Prony F dont le rôle est d'introduire une force antagoniste réglable sans que l'on ait à toucher aux pièces tournant avec l'arbre moteur. Cet accéléromètre comporte, comme le précédent, un sélecteur; mais cet organe est ici un peu plus compliqué.

Cette description est suivie de quelques indications sur l'appareil disposé pour l'enregistrement et sur les appareils ultra-sensibles. Il signale notamment celui de M. Prache, décrit récemment dans cette revue (*R. G. E.*, 1er juillet 1922, t. XI, p. 968-970).

L'article se termine par l'interprétation des résultats obtenus avec l'aide de ces appareils, dans l'étude de vibrations éprouvées par des planchers d'autobus, des tabliers de ponts, le châssis de locomotives du chemin de fer du Loestchberg. Des reproductions de courbes enregistrées accompagnent cette dernière partie. — B. E.

Wattmètre pour courants de haute fréquence (1).

Effectuant des mesures de puissance sur un circuit de fréquence 10^4 avec un wattmètre thermique, les auteurs ont constaté, en calibrant l'appareil, que les indications de puissance variaient suivant la tension ou l'intensité dans le circuit étudié. Ils ont recherché la cause des erreurs, ont essayé de rendre ces dernières négligeables et ont construi un wattmètre plus sensible tout en conservant le principe de l'appareil utilisé. L'article suivant résume ces travaux.

A. Le wattmètre thermique utilisé. — C'est le wattmètre « calorique » à compensation pour continu et alternatif, employable également en voltmètre, ampèremètre et indicateur de facteur de puissance, de Chauvin et Arnoux. Il est construit pour fonctionner pour une puissance maximum correspondant à

$$E = 750 \text{ v}, \qquad I = 100 \text{ a}.$$

(Or les expérimentateurs le plaçaient dans des conditions d'emploi différentes qui étaient

$$E = 50 \text{ à } 100 \text{ v}, \qquad I = 5 \text{ à } 10 \text{ a},$$

ce qui explique que les erreurs aient pris de l'importance.)

Le principe de l'appareil est le suivant. Si deux appareils thermiques sont parcourus par deux courants

$$I' = C'E - C''I \quad \text{et} \quad I'' = C'E + C''I$$

(C' et C'' étant des facteurs constants) on a

$$(I')^2 = (C'E)^2 + (C''I)^2 - 2C'C''EI\cos\varphi,$$
$$(I')^2 = (C'E)^2 + (C''I)^2 + 2C'C''EI\cos\varphi,$$

et

$$(I'')^2 - (I')^2 = 4C'C''EI\cos\varphi = 4C'C''W.$$

Donc si l'on combine les deux appareils thermiques, la lecture donnera directement la puissance W.

Dans l'appareil, les deux courants I' et I'' traversent deux fils caloriques r et r' dont la différence d'allongement est amplifiée par application d'un système spécial agissant sur l'aiguille.

Les courants dans r et r' sont respectivement

$$\left(\frac{a}{2} + \frac{b}{2}\right) \quad \text{et} \quad \left(\frac{a}{2} - \frac{b}{2}\right)$$

à condition que $r + s = r' + s'$, s et s' étant des résistances respectivement en série avec r et r'.

B. Etude théorique de l'appareil. — Connaissant la résistance des différentes parties du circuit de l'appareil et la tension E, on arrive, au moyen de l'application des lois de Kirchhoff, à établir les relations entre E, I, a et b. On constate, au cours des calculs, que la valeur de a dépend principalement de E mais ne cesse pas de dépendre de I, et que la déviation, c'est-à-dire le produit $a\,b\cos\varphi$ ne représente pas rigoureusement la puissance, $EI\cos\varphi$, à mesurer. Entre la valeur théorique et celle que l'appareil indique, une certaine erreur apparaît.

C. Etude de l'erreur systématique. — Après avoir déterminé la forme analytique qui détermine cette erreur en fonction des constantes de l'appareil et des conditions d'expérience (E, I) les auteurs ont étudié la forme des courbes d'erreur dans plusieurs cas particuliers. Ils ont été conduits aux conclusions suivantes : l'erreur systématique est inévitable; elle est rendue minime quand la résistance additionnelle du circuit en dérivation est calculée par la formule

$$R = \frac{E_m}{a_m} - \frac{p}{2}$$

ou les symboles indice m désignent les valeurs maxima compatibles avec la pratique; on réduit l'erreur maximum en constituant le wattmètre par des systèmes thermiques qui, à sensibilité égale, présentent un minimum de tension aux bornes. Pour un type d'appareil donné, cette erreur diminue à mesure qu'augmente la tension maximum pour laquelle on le calcule. Une difficulté inhérente à l'emploi de shunts (ampèremètre) avec des appareils thermiques est due à l'augmentation de résistance du fil de chauffe amenée par le passage du courant. Les courants dans les deux bras du wattmètre étant toujours différents, il est impossible de maintenir pratiquement l'égalité $r + s = r' + s'$ et chaque mesure, pour être précise, doit s'accompagner d'un calcul de correction très laborieux.

D. Le wattmètre a haute fréquence préconisé. — Basé sur le principe du même circuit électrique, il diffère du wattmètre industriel Chauvin et Arnoux par le fait que l'échauffement des fils thermiques, au lieu d'être mesuré par une dilatation, est mesuré par un couple thermo électrique, chaque thermo élément étant relié à un millivoltmètre à suspension à fil et à lecture directe. Les résistances additionnelles et les shunts complétant le montage du wattmètre sont construits en ruban ondulé de constantan dont la résistance peut être considérée comme indépendante de la température. On a construit pour chaque thermo élément un faisceau de courbes d'étalonnage correspondant aux différentes températures de la salle d'expériences. — L. C.

(1) P. Joye et E. Brasby. *Bulletin de l'Association Suisse des Electriciens*, avril 1922, t. XIII, p. 146-155, 4 000 mots 6 fig.

Digitized by Google

SECTION ÉCONOMIQUE & FINANCIÈRE

Assemblées générales

Etablissements Devilaine et Rougé Omnium d'Installations électriques.

ASSEMBLÉE GÉNÉRALE ORDINAIRE DU 20 JUILLET 1922.

Durant l'exercice, la société a acquis un immeuble à Valenciennes et a racheté un certain nombre de parts de fondateurs, ainsi que l'avait décidé l'assemblée générale extraordinaire du 1er juin 1921.

Les disponibilités restent étroites en face d'engagements importants, par contre l'actif réalisable en marchandises, travaux en cours et débiteurs est en nouvelle augmentation.

Les produits bruts d'exploitation à Paris et dans les agences de province et divers atteignent 3 856 199,05 fr en augmentation de 1 600 000 fr sur les résultats de l'année dernière.

Les frais généraux, charges financières, assurances, entretien général, provision pour impôts, etc., ont absorbé 3 163 727,74 fr, chiffre très supérieur à celui de l'exercice précédent mais qui s'explique par le fait que les frais d'exploitation augmentent avec le chiffre d'affaires.

Le solde bénéficiaire s'établit à 692 471,31 fr contre 622 163,68 fr pour l'exercice précédent.

Ce solde se répartit : 5 pour 100 à la réserve légale, 200 000 fr à la réserve générale, 6 pour 100 de dividende aux actions.

Il reste 241 847,75 fr sur lesquels le Conseil a droit à 10 pour 100. Il est prélevé ensuite un superdividende de 6 pour 100 aux actions.

Il reste 1 663 fr auxquels s'ajoute le report de l'exercice précédent, 37 605,70 fr.

Le report à nouveau est de 39 268,70 fr.

BILAN AU 31 JANVIER 1922.

Actif.

	fr
Caisse et banque	696 139,39
Effets en portefeuille	119 619,46
Marchandises (Paris et agences)	2 835 952,70
Clients (déduction faite des rabais éventuels)	3 826 674,06
Débiteurs divers	268 785,33
Travaux en cours (aléas déduits)	3 750 431,40
Titres en portefeuille	207 500 »
Loyer d'avance	26 520,50
Cautionnements et consignations	15 483,35
Impôts sur titres, avancés	28 421,24
Fonds de commerce	Mémoire.
Frais de constitution de la société, matériel, mobilier, agencement Paris et agences	Mémoire.
Prime des obligations	21 450 »
Prime des bons	30 000 »
Immeubles	77 901,65
Rachats des parts	800 000 »
Brevets	2 500 »
	12 707 379,08

Passif.

	fr
Capital-actions	3 600 000 »
Obligations 5 pour 100, 1913	213 500 »
Bons 6 pour 100, 1917	1 500 000 »
Réserve légale	80 247,12
Réserve générale	900 000 »
Report de l'exercice précédent	37 605,70
Effets à payer	550 000 »
Fournisseurs	1 421 329,71
Banquiers créditeurs	1 518 448,59
Créanciers divers	2 118 586,22
Coupons et intérêts dus	43 347,32
Salaires et cautionnements	31 843,11
Bénéfices nets	692 471,31
	12 707 379,08

Compagnie d'Electricité de l'Ouest-Parisien Ouest-Lumière.

ASSEMBLÉE GÉNÉRALE ORDINAIRE DU 22 JUIN 1922.

Le Conseil présente des résultats d'exploitation qui ont répondu aux prévisions qu'il avait fait entrevoir lors de la dernière assemblée générale.

Le matériel de l'usine de Puteaux, malgré les quelques difficultés de mise au point du dernier alternateur entré en service dans le courant de l'exercice, a donné toute satisfaction et la compagnie a pu répondre aux demandes de sa clientèle avec régularité.

Grâce à la compétence des services techniques et aux efforts consciencieux des collaborateurs de tous ordres, les dépenses ont été aussi réduites que possible et les rendements de l'outillage portés à leur maximum.

La société, en dehors de son domaine contractuel, possède aujourd'hui des intérêts fort importants dans diverses entreprises d'électricité; le Conseil propose de majorer le dividende d'une partie des revenus provenant de ce domaine privé.

Il espère que le développement des affaires, dans lesquelles la société est intéressée, permettra à l'avenir d'augmenter la répartition à provenir de ses placements.

Les négociations poursuivies avec les communes de la banlieue ouest ont abouti au cours de l'exercice.

Des avenants aux contrats sont venus fixer les conditions de la nouvelle tarification pour les prix de vente de l'électricité.

Les avenants ont stipulé que les communes supporteraient une partie des immobilisations nouvelles que réclamerait le développement continu du réseau de distribution.

Il y a tout lieu d'espérer qu'au cours de cette année, et au plus tard dans le courant de l'année prochaine, un statut définitif fixera les conditions d'exploitation des concessions.

Digitized by Google

Les conventions passées avec l'Union d'Electricité assurent à la compagnie que, dès la mise en marche de la station centrale de Gennevilliers, celle-ci lui fournira le courant nécessaire pour alimenter sa clientèle, quel qu'en soit le développement d'avenir. Elle n'a, en conséquence, apporté aucune modification nouvelle à l'outillage de l'usine de Puteaux qui est devenue la propriété de l'Union d'Electricité au cours de l'exercice actuel.

Elle s'est bornée à entretenir le matériel de l'usine génératrice en parfait état et à compléter les installations de ses sous-stations et de ses postes de transformation.

La compagnie a introduit, pour satisfaire aux prescriptions administratives, une demande de concession d'Etat pour son réseau de distribution.

Dès que celle-ci lui sera accordée, elle pourra intensifier le développement de son réseau de canalisation, qui tend actuellement à s'étendre très au delà de la banlieue parisienne.

En 1921, la longueur des câbles souterrains à haute tension est de 440 865 m, des câbles aériens à haute tension 136 145 m.

Celle des câbles souterrains à basse tension est de 155 760 m et des câbles aériens à basse tension est de 814 890 m.

La population desservie est de 505 412 habitants ; le nombre d'abonnés est de 78 438. La puissance installée en service pour l'éclairage a été de 36 756 kw et pour la force motrice de 87 151 kw.

L'exercice, dont il est rendu compte, fait ressortir une importante diminution des recettes d'exploitation, qui ne s'élèvent qu'à 39 180 385,97 fr contre 53 531 891,20 fr l'an dernier ; les dépenses d'exploitation se présentent également avec un chiffre sensiblement moins élevé, et se montent à 33 007 181,21 fr en regard d'un chiffre de 45 547 672,96 fr pour l'exercice précédent ; ces différences importantes sont dues principalement à la baisse sensible du prix du charbon et aux réductions de tarifs qui en ont été la conséquence.

Le bénéfice brut d'exploitation de l'exercice est ainsi de 6 173 204,76 fr, auquel il y a lieu d'ajouter la somme de 2 155 236,57 fr, montant devenu disponible à la suite de règlements de compte avec certaines communes concernant les exercices antérieurs et les arrérages sur le portefeuille, 205 392,51 fr.

Soit un bénéfice brut total de 8 533 833,84 fr.

Les prélèvements habituels concernant les intérêts et escomptes et la prime de remboursement des obligations amorties se montent à 2 866 001,24 fr, laissant figurer au crédit du compte de profits et pertes une somme de 5 667 832,60 fr.

Ce solde se répartit : 5 pour 100 à la réserve légale, 6 pour 100 de dividende aux actions, 3 000 000 fr pour la réserve spéciale au compte général d'amortissements.

Il reste 884 440,97 fr auxquels s'ajoutent le report de l'exercice précédent, 470 565,07 fr.

Sur le reste, il est prélevé un dividende complémentaire aux actions : par exploitation, 2,50 pour 100 ; par domaine privé, 0,75 pour 100 et 90 277,77 fr par le Conseil.

Le report à nouveau est de 452 228,27 fr.

Le dividende, de 8,325 fr net pour les actions nominatives et de 7,935 fr net pour les actions au porteur, est payable à partir du 1er juillet 1922 contre remise du coupon n° 13.

L'assemblée fixe à la somme de 120 000 fr annuellement la valeur des jetons de présence attribués au Conseil.

BILAN AU 31 DÉCEMBRE 1921.

Actif.

		fr
Terrains et constructions		4 929 171,57
Matériel et installations :		
pour sous-stations		4 770 567,27
pour canalisations, branchements extérieurs et chez clients		32 322 242,81
Entrepreneurs et constructeurs (paiements sur travaux en cours)		151 338,93
Petit matériel et outillage		1 »
Mobilier et agencement		1 »
Frais de constitution et de premier établissement		1 »
Fonds de commerce		1 »
Approvisionnements généraux		3 719 663,42
Cautionnements		174 149,80
Titres et valeurs		19 721 209,25
Caisses et banques		6 627 414,30
Effets à recevoir		135 084 »
Abonnés		5 964 332,73
Débiteurs divers		1 815 486,62
Frais d'émission des obligations		1 »
Frais d'émission des bons obligataires décennaux 5,5 pour 100		127 192,65
Frais d'émission des bons obligataires décennaux 6 pour 100		601 578,95
Prime de remboursement des obligations (1re, 3e et 4e émissions)		210 446 »
Prime de remboursement des bons obligataires décennaux 6 pour 100		340 000 »
		81 609 883,30

Passif.

		fr
Capital actions		25 000 000 »
Réserve légale		826 593,07
Compte général d'amortissements		1 576 349,25
Capital obligations :		
Obligations émises	15 000 000 »	
A déduire : obligations sorties aux tirages	9 195 500 »	
		5 804 500 »
Bons obligataires décennaux 5 1/2 pour 100		3 000 000 »
Bons obligataires décennaux 6 pour 100		17 000 000 »
Dépôts de garantie		2 910 541,85
Fournisseurs		1 283 555,91
Créditeurs divers		16 356 132,57
Actions. Coupons échus restant à payer		87 628,06
Obligations. Coupon n° 38 (4/6)		99 457,50
Obligations. Coupons échus restant à payer		8 063,67
Obligations sorties à rembourser		883 310,20
Bons obligataires décennaux 5,5 pour 100. Coupon n° 13		82 500 »
Bons obligataires décennaux 6 pour 100 (1re série). Coupon n° 10		157 500 »
Bons obligataires décennaux 6 pour 100 (2e série). Coupon n° 8		250 000 »
Bons obligataires décennaux 5,5 pour 100. Coupons échus restant à payer		880 »
Bons obligataires décennaux 6 pour 100. Coupons échus restant à payer		16 740 »
Comptes d'ordre		127 733,55
Profits et pertes :		
Solde bénéficiaire de l'exercice		5 667 832,60
Report de l'exercice 1920		470 565,07
		81 609 883,30

Digitized by Google

SECTION DE LÉGISLATION

Les droits d'octroi et les concessionnaires d'énergie

On a demandé à la Revue générale d'Electricité quelques indications sur la portée de l'article 29 du cahier des charges-type, ordinairement dénommé « la clause d'impôt ». Les lignes que l'on va lire sont destinées à éclairer la question sur le point suivant : A quelles conditions les droits d'octroi sur les matériaux nécessaires à la construction des lignes sont-ils exemptés?

Il n'est pas inutile de rappeler le texte de l'article 29 : « Tous les impôts établis par l'Etat, le département ou la commune, y compris les impôts relatifs aux immeubles de la distribution, seront à la charge du concessionnaire.

» Au cas ou des impôts relatifs à la vente, la production, le transport ou la consommation de l'énergie électrique frapperaient le concessionnaire, ce dernier se réserve le droit de demander une augmentation des tarifs maximum fixés par l'article 11 ci-dessus. Il sera statué sur cette demande comme en matière de revision de tarifs.

» Dans le cas ou des droits d'octroi nouveaux viendraient à frapper les objets de consommation employés pour assurer le fonctionnement de la distribution concédée, le concessionnaire aurait le droit de réclamer à la commune le versement d'une somme équivalente, à titre de subvention. »

L'article 29 établit un principe : le concessionnaire n'est dispensé d'aucun impôt existant au moment de la signature de la convention, ou même des *impôts futurs*. Relativement à ces derniers deux stipulations sont faites :

a) Si des impôts nouveaux viennent grever la vente, la production, le transport ou la consommation de l'énergie électrique, on considérera comme rompu l'équilibre entre les prix de distribution du courant et les charges du concessionnaire : les tarifs pourront être relevés en proportion, si le concessionnaire le demande ; il y aura revision du terme correctif et du terme de base comme il est prescrit à l'article 11 quand il y a, au profit du concessionnaire, un abaissement du prix de revient ; personne ne se trompera sur l'origine et la portée très générale de cette clause. L'augmentation peut provenir soit de l'Etat, soit du département, soit de la commune.

b) Le second point est, au contraire, très spécial : il vise l'augmentation d'un impôt essentiellement communal : les droits *nouveaux* d'octroi. Nous devons donc établir la législation *actuelle;* ceci posé, les considérations nouvelles se déduiront immédiatement : il suffit de remarquer que cette augmentation sera remboursée au service de la distribution à titre de subvention.

Les droits actuels d'octroi. — Les grands principes en matière d'octroi découlent de sa définition même : c'est un impôt qui en cas d'insuffisance des ressources de la commune, a pour but de subvenir aux dépenses qui sont à sa charge, par un droit qui frappe les objets destinés à la consommation locale, d'après un tarif légalement approuvé, au moment de leur entrée dans un périmètre fixé et révélé par des poteaux indicateurs. Un tarif type avait été mis en vigueur en 1870; un nouveau tarif homologué par un décret du 13 août 1919 lui a été substitué ; mais l'article 137 de la loi du 5 avril 1884 permet aux communes de voter la taxation d'objets autres que ceux compris au tarif général, à la condition que le tarif spécial soit homologué par décret rendu en Conseil d'Etat. Les objets frappés sont généralement : les boissons, les comestibles, les combustibles, les fourrages et les *matériaux*. Nous ne nous occuperons que de cette dernière catégorie.

Elle comprend, dans son neuvième article, les métaux destinés soit à la construction des *bâtiments*, comme le portent certains tarifs, soit à la construction *immobilière* ; il y a entre ces deux expressions une très grande différence : le bâtiment est une construction qui correspond à une définition très bien déterminée : celle qui sert à l'abri des personnes, animaux et choses ; au contraire, le terme construction est beaucoup plus vaste et il permet au tribunal de définir sa signification dans chaque cas. Tel est le motif pour lequel la Cour de Cassation dans un célèbre arrêt du 6 février 1911 a assimilé à une construction immobilière, non seulement les poteaux en ciment maintenus par une armature en métal enfoncés et maçonnés dans le sol, ce qui se comprend, mais encore les fils aériens comme accessoires à ladite construction ; le Tribunal de la Rochelle l'avait ainsi admis, et la Cour de Cassation répond aux critiques du pourvoi : « attendu qu'il importe peu que les fils aériens reposent, sans scellement, ni soudure sur les cloches isolatrices surmontant les colonnes ou poteaux ; qu'il est même possible à la rigueur que le jugement attaqué n'ait pas constaté qu'ils fussent soudés aux fils souterrains.

» Qu'il résulte en effet des constatations des juges du fond que le réseau comprend des piliers en ciment

Digitized by Google

maintenus par une armature en métal enfoncés et maçonnés dans le sol et des fils qui présentent avec les piliers la plus grande cohésion et forment une construction indivisible ; que les fils conducteurs du courant électrique qui doivent être ininterrompus empruntent en partie la voie souterraine maintenus par des mâchoires en fer fixées au sol comme mordus et écrasés entre deux plaques de métal serrés l'une contre l'autre par des boulons et qu'on ne pourrait retirer le fil sans le couper et sans fouiller le sol à cet endroit. Attendu que ces constatations répondent suffisamment à toutes les conclusions de la compagnie demanderesse et qu'en décidant dans ces circonstances de fait, qu'il n'y avait pas lieu d'ordonner la restitution des droits d'octroi, le tribunal dont le jugement est régulièrement motivé a usé de son pouvoir souverain d'appréciation et n'a violé aucun des textes visés au moyen. Par ces motifs : rejette le pourvoi » (1).

Considération sur la consommation locale. — Si l'on suppose le tarif appliqué d'une manière draconienne dans le sens de celui de la Rochelle, il est malheureusement certain que la partie purement commerciale de la ligne, c'est-à-dire celle qui dessert exclusivement la commune ne pourra être exemptée ; mais, par contre, la partie intercommunale ne saurait être frappée, par exemple, les poteaux et les lignes aériennes qui distribuent le courant primaire à plusieurs communes. Il faut appliquer la décision rendue en matière de tramways par la Cour de Cassation, arrêt du 9 mai 1906 (Dalloz, 1906, 1, aff. Société grenobloise des Tramways électriques, contre ville de Grenoble) : « Les droits d'octroi ne peuvent être établis que sur des objets destinés à la consommation locale (Ord. 9 décembre 1814, art. 11, L. 28 avril 1816, art. 148). En conséquence, la compagnie concessionnaire d'un réseau de lignes urbaines et suburbaines de tramways doit être exonérée des droits d'octroi sur les matériaux ayant servi à la construction des lignes suburbaines qui, mettant en communication plusieurs communes, sont considérées comme affectées à un service général.

« Et lorsque dans la traversée de la ville sujette à l'octroi, une partie de ligne suburbaine est utilisée par un tramway urbain, la partie ainsi rendue mixte n'en continue pas moins à bénéficier de l'exonération.

» Mais le concessionnaire ne saurait réclamer l'exemption des droits sur les matériaux employés à la construction des lignes ou portions de lignes purement urbaines, c'est-à-dire comprise dans le périmètre de l'octroi et correspondant à des besoins de circulation locale, sous prétexte qu'elles formeraient avec les lignes suburbaines un réseau indivisible concédé à une entreprise unique.

» ... Alors surtout que cette indivisibilité est formellement contredite par le décret de concession qui distingue les lignes du réseau concédé en lignes urbaines et lignes suburbaines. »

Formalités à remplir. — Nous venons de préciser le principe : droit à l'exonération pour tout ce qui constitue des matériaux destinés à l'intérêt général, par opposition à la consommation locale ; mais on peut obtenir l'exonération, soit en faisant entrer, sans payer les droits, ce qui s'appelle la franchise, ou en payant d'abord et en justifiant ensuite, soit de l'emploi en dehors du lieu sujet, soit de l'usage fait dans un but d'intérêt général.

Il est infiniment plus simple de faire rentrer en franchise, et c'est pourquoi il est nécessaire de demander l'entrepôt industriel, formalité qui, seule, peut permettre ladite franchise surtout aujourd'hui où, sans

(1) Il est vrai que le Tribunal d'Amiens, le 14 juin 1902, a admis le contraire dans une affaire qui n'est pas allée à la Cour suprême : « Attendu qu'on ne saurait assimiler par voie d'analogie les fils du réseau aérien de la société d'électricité aux tuyaux servant à la conduite des eaux qui sont, sur leur parcours, complètement incorporés au sol et sont, aux termes de l'article 523 du Code civil immeubles par leur nature ; qu'il n'y a, en effet, aucune similitude entre les tuyaux adaptés au sol ou installés dans l'intérieur du sol et des fils disposés dans l'air sans être rattachés à leur support par scellement, ni soudure. — Attendu qu'on ne peut considérer davantage lesdits fils comme immobilisés à perpétuelle demeure, que les exigences des propriétaires obligent chaque jour la compagnie à modifier leur parcours et leurs points d'attache aux potelets installés sur les habitations particulières. — Attendu, au surplus, que les câbles ou fils du réseau aérien reposent sur des cloches en porcelaine adaptées aux colonnes, poteaux ou potelets, et sont maintenus dans les gorges desdites cloches par leur poids, leur tension et un lien de cuivre enroulé sans scellement, ni soudure, lequel lien est susceptible d'être détaché sans la moindre brisure, en sorte que ces câbles pourraient, sans aucune effraction, être enlevés et adaptés à un autre usage. — Attendu qu'il est également constant, en fait, que les câbles et fils du réseau aérien ne communiquent avec la canalisation souterraine que par une épissure, simple enroulement des fils autour d'eux-mêmes et également sans soudure, la séparation de l'épissure s'opérant sans aucune effraction, ni détérioration. — Attendu qu'il est encore établi que le réseau aérien et la canalisation souterraine ne communiquent qu'en un très petit nombre de points et que la plupart des câbles et des fils du réseau aérien, ainsi que cela a été démontré, sont indépendants du réseau souterrain. — Attendu enfin, que les câbles du réseau aérien, ainsi qu'il en a été donné la preuve au tribunal, ne sont joints par aucune soudure, mais mis en contact par épissure avec le tableau de distribution de l'usine, lequel n'est lui-même relié aux bâtiments de l'usine par aucun scellement. — Attendu qu'il est inadmissible de considérer les 700 km de fils du réseau aérien de la compagnie dispersés au loin, comme ayant le caractère de construction immobilière par voie d'incorporation, soit à l'usine, soit aux 24 km de canalisation souterraine, alors que pour les besoins de son fonctionnement et de réparations, sans pouvoir prévoir alors le procès actuel, la compagnie a fait en sorte que, depuis les machines à vapeur mettant en mouvement les dynamos jusqu'à l'extrémité de son réseau, nulle part aucun des organes de transmission de la force électrique ne se trouve assujetti au sol ou aux constructions par un scellement ou une soudure, mais uniquement par des boulons, des vis ou des épissures essentiellement et facilement démontables. — Attendu que, dès lors, les droits litigieux n'étaient pas dus et qu'il échet d'ordonner la restitution des 3 344,85 fr avec intérêt de droit. »

Digitized by Google

distinction entre les matériaux et les combustibles, *le décret du 14 février* 1915, affranchit, mais exclusivement au moyen de l'entrepôt, tout objet destiné à des travaux publics d'intérêt général, les communes sont donc obligées d'accorder l'entrepôt pour ces matériaux et combustibles et l'admission à l'entrepôt est nécessaire pour l'exonération; cette jurisprudence pourrait encore servir cependant, si un maire méconnaissait son devoir au point de refuser l'entrepôt..., car tout arrive... Il faut donc dire :

1° Les matériaux destinés à des canalisations d'intérêt général qui ne sont pas soumises à l'entrepôt par le règlement de l'octroi, pouvaient être exonérés en se basant sur les termes très étendus de la loi du 28 avril 1816 (art. 148) à la condition de faire une déclaration à l'entrée;

2° Quand une commune a refusé l'entrepôt, il y a faute administrative qui engage sa responsabilité; c'est devant la juridiction administrative qu'il faut demander la réparation (Tribunal des Conflits, 7 décembre 1912).

Paul Bougault,
Avocat à la Cour d'Appel de Lyon

Législation, jurisprudence, réglementation

Circulaire relative à l'indemnisation pour privation des droits non exercés à l'usage de l'eau.

Voici le texte de cette circulaire, en date du 31 juillet 1922, insérée au « Journal officiel » du 10 août, page 8367 et adressée par les ministres de l'Intérieur, des Travaux publics et de l'Agriculture aux préfets des départements.

Paris, le 31 juillet 1922.

La loi du 16 octobre 1919 sur l'utilisation de l'énergie hydraulique (1) porte, en son article 6, que « l'éviction des droits particuliers à l'usage de l'eau, exercés ou non, donne ouverture à une indemnité en nature ou en argent, si ces droits préexistaient à la date de l'affichage de la demande est fixée dans l'acte de concession », et elle précise que l'indemnité pour les droits non exercés à la date de l'affichage de la demande est fixée dans l'acte de la concession ».

Il est donc indispensable que le dossier transmis, après enquête, au conseil d'Etat en vue de l'émission du décret de concession, contienne des propositions concernant les indemnités à allouer aux riverains qui n'ont pas fait usage de leurs droits à l'usage de l'eau. La présente circulaire a pour objet d'indiquer les règles d'après lesquelles les différents services chargés de l'instruction devront établir ces propositions pour permettre au conseil d'Etat de fixer définitivement et en connaissance de cause la forme et le montant des indemnités en question. Il ne faut pas oublier en effet que c'est lui qui est juge souverain en la matière et que les ingénieurs ont seulement à formuler des propositions. Enfin, pour que celles-ci soient, comme il est désirable, acceptées par la haute Assemblée, il est clair qu'elles doivent être sérieusement motivées.

A. *Procédure à suivre.* — Dès qu'ils auront reçu la décision du ministre de poursuivre l'instruction de l'affaire, les ingénieurs inviteront le demandeur à formuler une offre globale visant tous les droits non exercés qu'il supprime ou auxquels il porte atteinte dans la section du cours d'eau à aménager. Le demandeur devra joindre, à cette offre, la copie des accords qu'il a pu conclure antérieurement avec les riverains (communes ou particuliers) pour l'acquisition de leurs droits à l'usage de l'eau. Ces accords ne sont pas interdits mais ils ne lient ni le ministre, ni le conseil d'Etat en ce qui touche la fixation de l'indemnité.

Les ingénieurs se renseigneront auprès du service du génie rural, et, lorsque la concession sera de nature à porter atteinte aux intérêts du département, des communes et des établissements publics, auprès de vous; ils recevront les observations qui pourront leur parvenir, soit à la visite des lieux, soit au cours de l'enquête, soit à tout autre moment de l'instruction, et les examineront avec le demandeur. Les départements, les communes et les établissements publics riverains (1) seront admis à faire état des projets destinés à assurer l'installation ou l'amélioration de leurs services publics, tels que services de distribution d'eau, d'assainissement et d'incendie, projets dont la réalisation paraîtrait prochaine et se trouverait compromise par la suppression des droits d'eau appartenant à ces collectivités. Dans leur rapport accompagnant le dossier définitif après enquête, ils feront connaître les chiffres qu'ils proposent en les comparant aux offres du demandeur et aux accords qui ont pu être réalisés, ainsi que les bases de la répartition de l'indemnité entre les riverains, comme il est dit ci-après.

B. *Calcul de l'indemnité.* — 1° Il importe de rappeler que l'indemnité, dont il est question au dernier paragraphe de l'article 6 de la loi, ne concerne pas la cession de terrains pour occupation du lit ou des berges, occupation que les tribunaux civils seuls ont à connaître, mais seulement le droit à l'usage de l'eau, c'est-à-dire le cas des riverains qui, pour des raisons quelconques, n'utilisent pas cette eau (ou son énergie) et qui, par suite des travaux projetés, vont se trouver désormais privés en tout ou partie de la possibilité de s'en servir comme le code civil leur en donnait le droit.

2° Ceci rappelé, pour évaluer le dommage éventuel que subira le riverain ainsi privé par le concessionnaire d'une portion du débit, il faut distinguer l'utilisation de la force motrice des autres utilisations du cours d'eau, notamment au point de vue agricole et domestique.

a) Force motrice. — Dans la plupart des cas, le morcellement des propriétés en bordure d'un cours d'eau, fait pratiquement obstacle à l'utilisation par un riverain isolé de la force hydraulique qu'il aurait droit de mettre en valeur. Le préjudice subi dans ces cas-là par le riverain du fait de l'aménagement du cours d'eau, est donc faible ou nul.

Mais comme avant la loi du 16 octobre 1919, le droit d'usage, même non susceptible d'utilisation séparée, était reconnu par le Code civil, il est nécessaire d'en tenir compte dans l'acte de concession (comme on le faisait autrefois dans

(1) Voir *Revue générale de l'Electricité*, 8 novembre 1919, t. VI, p. 649-654.

(1) Il faut entendre ici par riverain non pas les départements ou communes sur le territoire desquels la chute est située, mais les collectivités qui possèdent des propriétés en bordure du cours d'eau, et sont par suite détentrices de véritables droits d'eau, analogues à ceux des particuliers.

Les intérêts des collectivités qui ne possèdent pas de droits d'eau sont, en effet, garantis par le cahier des charges de la concession en vertu de principes qui n'ont aucune relation avec la présente circulaire.

Digitized by Google

les contrats particuliers) pour dédommager le propriétaire de la suppression du droit ainsi établi, même s'il n'est que nominal.

b) Autres usages. — En ce qui concerne les usages autres que la force motrice, il faut examiner si l'état des lieux permettrait ou non au riverain de se servir effectivement de l'eau :

Dans le premier cas, si l'utilisation est reconnue désirable dans l'intérêt général, le mieux est d'y pourvoir, soit par le maintien d'un débit suffisant à l'aval de la prise (art. 5 du cahier des charges type), soit par des réserves en eau ou en énergie (art. 21 et 22 du type) avec s'il y a lieu, les ouvrages correspondants pour en faciliter l'utilisation. Dès lors, une indemnité en argent ne sera justifiée que si l'utilisation est rendue plus difficile ou plus coûteuse qu'antérieurement.

Au contraire, si les usages en question (agricoles, domestiques, etc.), quoique possibles, ne présentent aucun intérêt général, il n'y aura pas, en principe, à prévoir de restitution en nature, et l'indemnité en argent à inscrire dans l'acte de concession, sauf le cas où l'intéressé justifierait de besoins réels et dans les limites de ses possibilités, se confondra avec celle prévue pour la privation du droit à la force motrice. Il en sera de même, *a fortiori*, si l'état des lieux rend matériellement impossible, pour le riverain, l'usage effectif de l'eau ;

3° C'est en tenant compte de ces divers éléments que l'on évaluera l'indemnité globale qui doit figurer à l'acte de concession pour privation des droits non exercés à l'usage de l'eau sur l'ensemble de la section intéressée par les travaux projetés. En principe, cette indemnité globale sera comprise entre 5 et 30 fr par kilowatt de puissance normale brute de la chute concédée. Elle ne sera inférieure à 5 fr ou supérieure à 30 fr que dans des cas exceptionnels et en tenant compte des charges de l'entreprise et des conditions locales ; notamment, le chiffre de 30 fr pourra être dépassé lorsque la différence entre l'indemnité calculée sur cette base et le prix moyen payé dans la région aux propriétaires, antérieurement au 16 octobre 1919, ne serait pas compensée par les avantages indirects en nature et en argent que les riverains retirent habituellement de l'aménagement des cours d'eau, le tout, bien entendu, restant, comme il a été dit plus haut, subordonné à la décision finale souveraine du conseil d'Etat.

Voyons maintenant comment cette indemnité globale devra être répartie.

En principe, elle sera partagée entre les riverains proportionnellement à la longueur de rives possédée par chacun ; c'est la formule la plus simple et la plus accessible aux intéressés. Toutefois, cette règle ne pourra être appliquée lorsque les riverains seront dans des situations notablement différentes et il y aura lieu d'en tenir compte, l'idée directrice étant toujours de répartir l'indemnité globale de façon à attribuer à chacun une part sensiblement proportionnelle aux avantages dont il va être privé. C'est ainsi que, si la pente est très irrégulière, si, par exemple, elle forme des gradins ou des chutes partielles, accusées, on devra répartir l'indemnité totale entre les principaux gradins de façon à tenir un compte équitable de leurs puissances respectives et à attribuer par mètre de rive une indemnité plus élevée sur les portions à forte pente et une part moindre aux parties à faible pente. Il en serait de même si le débit présentait de notables différences sur le parcours de la chute totale.

De même encore, en ce qui concerne les usages agricoles ou domestiques non mis en œuvre, on devra tenir compte des avantages en nature consentis à tel riverain ou tel groupe de riverains.

4° Accords antérieurs. — Si des accords passés antérieurement à l'affichage de la demande, avec des riverains (particuliers ou collectivités) sont communiqués par le demandeur ou apparaissent à l'enquête, deux cas sont à envisager : si ces accords sont antérieurs à la loi du 16 octobre 1919, ils seront admis tels quels sans être modifiés. S'ils sont postérieurs à la promulgation de cette loi, vous devrez vous assurer, d'abord, que les prestations portées à ces accords ont bien uniquement pour objet la cession des droits à l'usage de l'eau et non pas d'acquisitions ou d'occupations de terrains. S'il en est ainsi, et si les prestations consenties vous semblent correspondre raisonnablement à la valeur des droits d'eau cédés en tenant compte des conditions locales antérieures, vous pourrez proposer l'homologation pure et simple de ces accords. Si, au contraire, il apparaissait qu'ils contiennent des clauses excessives et hors de proportions avec la valeur véritable de l'usage possible de l'eau, vous proposeriez, en les motivant, telles rectifications que vous jugeriez nécessaires (1).

C. *Règles spéciales pour la fixation de l'indemnité lorsque le riverain a précédemment acquis tous les droits non exercés à l'usage de l'eau dans la section du cours d'eau intéressée par les travaux projetés.* — Lorsque le demandeur se trouvera en face d'un particulier ou d'une société ayant précédemment acquis, par contrats ayant date certaine, les droits à l'usage de l'eau dans la section où l'aménagement est projeté, l'indemnité, au lieu d'être fixée comme il est dit ci-dessus, pourra être déterminée d'après le montant des dépenses faites pour l'acquisition des droits d'eau et dûment justifiée par le premier acquéreur évincé, mais seulement dans la mesure où ces dépenses correspondent à la véritable valeur des droits utilement cédés lorsque l'acquisition a été faite.

Enfin, en aucun cas, cette indemnité ne tiendra compte des frais d'études ou d'établissement des projets, lesquels seront laissés à la libre appréciation des intéressés.

En outre, pour bénéficier de ce règlement spécial et exceptionnel, le particulier ou la société évincé devra établir :

1° Que le contrat passé par lui avec le riverain précédent est antérieur au 16 octobre 1919, puisque, depuis cette date, les accords relatifs à des cessions de riverainetés ne sont plus indispensables à l'aménagement des chutes ; ceux qui les ont conclus l'ont fait à leurs risques et périls ;

2° Que le contrat porte, non pas seulement sur une ou deux riverainetés isolées, mais sur un ensemble tel que, sous l'ancien régime, le permissionnaire aurait pu, grâce à ces acquisitions, aménager effectivement tout ou partie de la chute, sans être empêché par l'opposition de riverains récalcitrants.

Enfin, si le projet choisi par l'administration n'englobe qu'une partie de la chute, l'indemnité proposée ne devra tenir compte, bien entendu, que des dépenses utilement faites et dûment justifiées pour l'acquisition des droits d'eau dans la portion effectivement mise en œuvre, à l'exclusion du surplus.

Pour l'application de ces règles, vous n'aurez qu'à vous reporter au tableau ci-annexé, qui les résume et qui vous en facilitera la discussion. On y a rappelé pour mémoire (A et B) ce qui concerne les droits déjà exercés qui relèvent des tribunaux civils, mais son objet principal est relatif aux autres (droits non exercés) qui sont laissés à l'appréciation de l'administration et auxquels seuls se rapporte la présente circulaire.

Lorsque le dossier aura été constitué conformément aux instructions qui précèdent, vous le transmettrez à M. le ministre des Travaux publics en même temps que vos propositions définitives sur les résultats de l'enquête ; et toutes les fois que votre avis ne sera pas conforme à l'avis des ingénieurs, vous en informerez M. le ministre de l'Intérieur.

Vous voudrez bien faire insérer dans le recueil des actes administratifs de votre département et notifier à tous les maires intéressés la présente circulaire, dont nous vous prions d'accuser réception à chacun des trois départements ministériels intéressés.

(1) Dans le cas particulier d'accords passés avec des communes ou des collectivités, l'attention est appelée sur les avantages que présenterait, dans bien des cas, au point de vue budgétaire, pour ces collectivités, le règlement de l'indemnité par le moyen d'annuités, plutôt que par le moyen d'un versement en capital. Dans ce cas, le total des annuités devra être égal au chiffre de l'indemnité en capital, augmenté des intérêts composés.

Digitized by Google

REVUE GÉNÉRALE DE L'ÉLECTRICITÉ

Organe de l'Union des Syndicats de l'Électricité

réunissant

LA REVUE ÉLECTRIQUE 1904-1916 — LA LUMIÈRE ÉLECTRIQUE 1879-1916

DIRECTEUR : J. BLONDIN, Agrégé de l'Université.

6e ANNÉE. — TOME XII. — N° 11. — 16 SEPTEMBRE 1922.

Chronique. — Nécrologie : Ernest Solvay. — Bibliographies : Report on water power (rapport sur l'énergie hydraulique en Irlande) ; Installations électriques industrielles, installation, entretien, contrôle, par R. CABAUD, p. 377-378.

Section scientifique et technique. — Sur la théorie du changeur de fréquence à collecteur, par J. BETHENOD, p. 379. — Revues, analyses et informations : La chute de tension dans les transformateurs, diagrammes et calculs, p. 381 ; Résistance et pouvoir thermoélectrique du germanium métallique, p. 386.

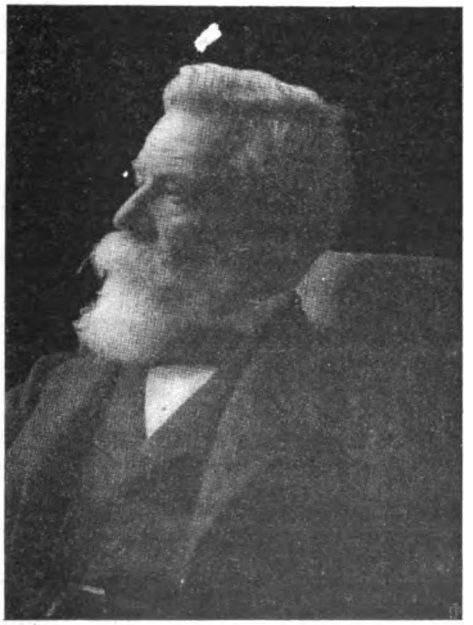
Section industrielle. — La ligne de transmission d'énergie à 120 000 volts de la Basse-Isère, par E. DUVAL et S. BOUKSPOUN, p. 387. — Le facteur de puissance et le rendement des moteurs asynchrones, par M. TRAUTNER, p. 398. — Revues, analyses et informations : La transformation des courants triphasés en courant continu, p. 401 ; Essais d'une bobine d'extinction des courts-circuits à la terre, p. 402 ; L'utilisation des chaleurs perdues, p. 403.

Section économique et financière. — Revues, analyses et informations : Comment développer l'usage de l'énergie électrique en France, p. 405. — Assemblées générales : Energie électrique du Nord de la France, p. 409.

Section de législation. — Le renforcement de l'inquisition fiscale, par FERNAND-JACQ, p. 411. — Législation, jurisprudence, réglementation : Loi autorisant la création de réseaux de transmission d'énergie électrique à haute tension et modifant la loi du 15 juin 1906 sur les distributions d'énergie, p. 414 ; Instructions complémentaires relatives aux conditions d'approbation des compteurs (mode de présentation, nature des essais), p. 415 ; Sur l'application de la loi sur les bénéfices de guerre, p. 415 ; Sur l'application de la taxe sur le chiffre d'affaires aux succursales des maisons de commerce, p. 416 ; Sur l'établissement de l'impôt sur les bénéfices commerciaux aux ventes d'objets soumis à la taxe de luxe, p. 416.

Nécrologie : Ernest Solvay. — En mai dernier, le 26, Ernest Solvay, l'inventeur du procédé de fabrication de la soude, mourrait subitement, dans sa quatre-vingt-cinquième année.

Possesseur d'une grande fortune, acquise par l'exploitation de ce procédé, Ernest Solvay consacrait depuis longtemps une bonne partie de celle-ci à subventionner des œuvres scientifiques nouvelles, non seulement en Belgique, son pays d'origine, mais aussi en France, où avait été réalisée, à l'usine de Dombasle-sur-Meurthe, près de Nancy, la première application industrielle de grande envergure de son procédé. Ses dons à l'Université de Nancy atteignant presque un million de francs, pour la création de diverses organismes de cette Université et en particulier de l'Institut d'Electrotechnique ; d'autre part, ses dons à l'Université de Paris, dont le premier, qui remonte à 1899, s'applique à la création du Laboratoire d'Electrochimie, nous faisaient un devoir de rappeler aux électriciens les traits principaux de la vie de cet inventeur, qui fut en même temps un éminent capitaine d'industrie, un bienfaiteur de la science et un grand économiste, et qui, jusqu'au dernier jour, n'a cessé de poursuivre les recherches techniques, scientifiques et philosophiques qu'il considérait comme la mission de sa vie.



Ernest SOLVAY
1838-1922

Nous nous étions adressé dans ce but à un de ses compatriotes ; mais celui-ci a craint que, en raison des dons que nous venons de rappeler, une notice nécrologique signée d'un Belge ait l'apparence d'une « revendication plus ou moins impérative à la reconnaissance de nos amis du sud ». Nous ne pouvons que regretter ce scrupule qui prive nos lecteurs d'une notice écrite par l'un de ceux qui ont fréquenté Solvay, et nous met dans l'obligation de donner à sa place une compilation des documents

Digitized by Google

qui nous ont été transmis. Nous avons néanmoins l'espoir que, après sa lecture, l'admiration et la reconnaissance des électriciens et physiciens français n'en seront pas moins vives pour l'inventeur belge.

Né à Rebecq (Brabant) en 1838, Ernest Solvay fut attiré dès son jeune âge vers les recherches physiques et chimiques et, bien qu'il n'eut fait que des études dites moyennes, il était appelé, en 1859, à la sous-direction de l'usine à gaz de Saint-Josse-ten-Noode, aux environs de Bruxelles. C'est là qu'il trouva et mûrit son procédé de fabrication de la soude à l'ammoniaque qui devait le classer parmi les grands industriels du monde.

Comme pour la plupart des inventeurs, ses débuts furent difficiles. Son premier brevet date de 1861 et ce n'est qu'en 1865, après avoir fondé une première usine, à Couillet, qu'il put considérer son procédé comme entré définitivement dans la voie de la réalisation pratique. A cette époque, le carbonate de sodium était produit exclusivement par le procédé Leblanc et valait 450 fr la tonne ; en 1914, grâce au procédé Solvay, son prix de vente n'était guère supérieur à 100 fr par tonne. Si l'on considère qu'il était alors produit annuellement près de 2 millions de tonnes de ce sel, on peut dire que la découverte de Solvay permettait une économie annuelle, utilisable pour un surcroît de bien-être de l'humanité, d'environ 700 millions de francs.

Déjà, en 1904, la presque totalité du carbonate de sodium était produite par le procédé Solvay : 1 600 000 t sur 1 700 000. La majeure partie, 1 000 000 t, était fabriquée dans les usines créées avec la participation de la Société Solvay : à Couillet (Belgique), à Dombasle-sur-Meurthe et à Giraud (France), à Northwich (Angleterre), à Wyhlen, Bernburg et Saarable (Allemagne), à Ebensée (Autriche), à Beresniki et à Lissitchansk (Russie), à Syracuse et à Detroit (Etats-Unis), etc. Toutes ces usines étaient dotées d'institutions de prévoyance, de protection, d'instruction et de distraction, et cela à une époque où les organisations de ce genre étaient encore très rares.

C'est cette constante préoccupation de contribuer à augmenter le bien-être de l'humanité qui conduisit Solvay à consacrer une part de sa fortune à la création d'instituts de recherches expérimentales et d'études sociales. C'est ainsi, que fut créé le magnifique ensemble d'instituts édifiés dans le parc Léopold, à Bruxelles, connu sous le nom d'Instituts Solvay, où sont étudiés la physiologie, l'hygiène, l'anatomie, la bactériologie, la thérapeutique, le commerce, la sociologie. Non seulement Solvay en assuma les charges financières, mais encore il y collabora en émettant des vues très originales sur les grands problèmes qui le préoccupaient. En 1892, lors de la fondation de l'Institut d'Electrophysiologie, il publia un mémoire sur le « Rôle de l'électricité dans les phénomènes de la vie » ; en 1894, pour l'Institut des Sciences sociales, il donnait ses études sur « le Comptabilisme » et « le Productivisme social », et en 1901, lors de sa transformation en Institut de Sociologie, les « Notes sur des formules d'énergétique physio et psychosociologique ». Solvay convoquait souvent les savants étrangers à venir exposer et discuter dans ses instituts leurs idées sur les nouvelles théories scientifiques : c'est ainsi que des conférences furent instituées pour la discussion de la théorie des quanta et, plus récemment, pour celle de la théorie de la relativité.

Ses dons princiers à l'Université de Nancy et à l'Université de Paris ont été signalés plus haut. Ce ne furent pas les seuls qui échurent à nos institutions scientifiques et tout récemment encore Solvay avait promis sa contribution financière à l'œuvre de la Documentation.

Ces libéralités en faveur de la science résultaient de ce que, dans son esprit, on négligeait ce qu'il considérait comme l'objet essentiel de la science : pour lui, celle-ci devait s'élever au rang d'une philosophie, devenir même un jour toute la philosophie. Il regrettait que la philosophie scientifique n'eût plus la belle ambition du temps des encyclopédistes, qui était de fournir des directions positives à la vie intellectuelle et sociale. Il regrettait que la plupart des savants d'aujourd'hui au lieu de se préoccuper d'un plan général de la connaissance du monde, se laissent éblouir par l'abondance des observations et des expériences et que, en fait de théorie, ils se trouvent suffisamment satisfaits d'un travail de coordination rationnelle, si limité soit-il. C'est pourquoi, particulièrement en sociologie, s'efforçait-il toujours de dégager du savoir positif un corps de principes qui constituerait un guide sûr pour la conduite des hommes.

Bibliographie : Report on water power (rapport sur l'énergie hydraulique en Irlande [1]. — La Commission des Forces hydrauliques d'Irlande (Commission of Inquiry into the Resources and Industries of Ireland) a fait faire des enquêtes le long des quatre principaux cours d'eau de l'Ile : le Shannon, l'Erne, le Bann et le Liffey, et, partant des données qu'elle avait recueillies, elle a conclu que l'énergie hydroélectrique développée par les différentes rivières irlandaises et pouvant être exploitée sans trop de frais, était de 500 000 ch; elle pourrait au moyen de barrages convenablement aménagés être élevée à 1 750 000 ch. La construction des barrages serait désirable à tous points de vue, tant pour assurer la continuité de la production d'énergie que la régularité du cours des rivières. Les lieux susceptibles d'être transformés en de vastes réservoirs ne manquent pas le long des cours d'eau, qui suivent presque tous des vallées pittoresques, présentant des successions de défilés et d'élargissements qui tracent leur voie aux ingénieurs.

Les cours d'eau ne constituent d'ailleurs pas les seuls réservoirs d'énergie électrique en Irlande. Les lacs qui parsèment son territoire peuvent encore fournir une quantité importante d'énergie. Les quatre lacs de Donnégal, Connamara, Kerry et Wicklow offrent, à eux seuls, la possibilité de récupérer 40 000 à 50 000 ch. — M.-H. B.

Bibliographie : Installations électriques industrielles. Installation, entretien, contrôle, par R. Cabaud, ingénieur électricien (E. C. L et E. S. E.) [2]. — Cet ouvrage fait partie d'une collection plus importante devant constituer le Manuel de l'électricien et destinée à permettre aux ouvriers intelligents de faire eux-même leur instruction technique.

Dans ce volume sont traitées les installations électriques et leur contrôle. Dans les premiers chapitres l'auteur passe en revue les principes généraux à observer dans les installations électriques et donne quelques exemples d'installations. Il envisage ensuite les questions d'entretien, sa nécessité, ses règles en insistant plus particulièrement, en un chapitre spécial, sur l'étude et surtout la réparation des bobinages qui constitue un des travaux les plus importants pour l'électricien. La dernière partie étudie le contrôle des installations. Les essais et les mesures courants que l'électricien doit savoir faire, sont expliqués de façon très claire. L'ouvrage se termine par l'étude des questions relatives à la tarification du courant électrique. — B. E.

(1) Une brochure, format 25 cm × 19 cm, 50 pages, 5 tableaux, édité par la Commission of Inquiry into the Resources and Industries of Ireland, 87, Grafton street, à Dublin, Irlande. Prix : 2 shillings 6 pences, frais de poste en sus.

(2) Un volume, format 16 cm × 11 cm, 333 pages, 70 figures, édité par J.-B. Baillière, 19, rue Hautefeuille, Paris. Prix : cartonné, 10 fr.

Digitized by Google

SECTION SCIENTIFIQUE & TECHNIQUE

Sur la théorie du changeur de fréquence à collecteur

L'auteur expose la théorie des changeurs de fréquence à collecteur, très souvent employés, à l'heure actuelle, pour le réglage de la vitesse et du facteur de puissance des gros moteurs d'induction. Cette théorie permet de se rendre compte, de façon très détaillée, du fonctionnement de semblables appareils.

I. **Description de la machine.** — La machine bien connue dont il s'agit est constituée essentiellement (fig. 1) par un rotor R muni d'un enroulement à collecteur C, à $2p$ pôles, le circuit magnétique étant complété par une couronne de tôles S qui peut soit

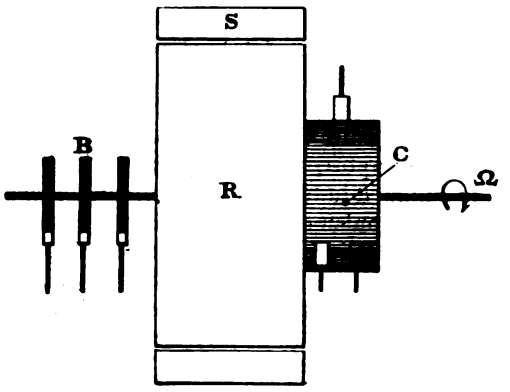


Fig. 1.

tourner avec le rotor, soit être fixe; en outre, des bagues B aboutissent à des points de l'enroulement électriquement équidistants, à l'instar d'une commutatrice ordinaire. Dans ces conditions, si le rotor tourne à la vitesse angulaire Ω et si on relie, d'une part, les frotteurs des bagues, d'autre part, les balais du collecteur (en place et nombre convenables), à deux réseaux polyphasés distincts, de pulsations respectives ω_1 et ω_2, il doit exister, comme on le sait, une relation linéaire de la forme

$$\omega_1 = p\Omega + \omega_2. \qquad (1)$$

En choisissant donc convenablement Ω, il est loisible de convertir des courants polyphasés de fréquence $\frac{\omega_1}{2\pi}$, en courants de fréquence $\frac{\omega_2}{2\pi}$, et inversement.

Une semblable machine, dont l'origine est très ancienne, se distingue de la machine d'induction employée comme convertisseur de fréquence (*general alternating current transformer* défini par Steinmetz), en ce que l'arbre portant le rotor n'est soumis qu'au couple nécessaire pour vaincre les diverses résistances passives s'opposant à la rotation (1); cette propriété lui a valu, depuis quelques années, des applications qui semblent devoir encore se multiplier, notamment en ce qui concerne les réglages de la vitesse et du facteur de puissance des moteurs d'induction. Pourtant, la théorie de son fonctionnement ne paraît pas avoir été l'objet, jusqu'ici, d'études comparables à celles publiées sur les moteurs à collecteur mono ou polyphasés; aussi, dans les notes suivantes, nous nous proposons d'exposer les résultats auxquels nous avons été conduit, en cherchant nous-même à analyser les phénomènes mis en jeu.

II. **Conditions de fonctionnement.** — 1. LE RÉSEAU A PLUS HAUTE FRÉQUENCE EST RELIÉ AUX BAGUES. — Ce cas est le plus général; les courants polyphasés de pulsation ω_1, circulant par les bagues B, produisent un champ tournant avec la vitesse $\frac{\omega_1}{p}$ par rapport aux conducteurs de l'enroulement porté par R; si, d'ailleurs, cet organe tourne *en sens inverse* avec la vitesse Ω, la vitesse résultante du champ par rapport aux balais fixes du collecteur est donc

$$\frac{\omega_1}{p} - \Omega = \frac{\omega_2}{p}.$$

On conclut de là que :

a) La fréquence $\frac{\omega_2}{2\pi}$ aux balais peut être inférieure, dans une mesure arbitraire, à la fréquence aux bagues $\frac{\omega_1}{2\pi}$, leur différence étant proportionnelle à la vitesse de déplacement du rotor.

b) Pour les courants de basse fréquence, passant par le collecteur, la pleine réactance du rotor R est propor-

(1) On sait que l'on pourrait d'ailleurs tout aussi bien laisser le collecteur fixe et faire tourner les balais.

Digitized by Google

tionnelle, non pas à ω_2, mais bien à la vitessse relative du champ tournant *par rapport aux conducteurs actifs*, c'est-à-dire à $\omega_2 + p\,\Omega = \omega_1$ (1).

Dans ces conditions, si on tient compte notamment de la conclusion *b*, on peut établir immédiatement les équations de fonctionnement du changeur de fréquence, d'ailleurs tout à fait analogues à celles de la machine d'induction employée comme convertisseur de fréquence ; en utilisant notamment (2), suivant la notation classique de M. A. Blondel, la méthode des coefficients cycliques de pleine self-induction L_1 et L_2 et de mutuelle induction M (3), on peut écrire symboliquement $(j = \sqrt{-1})$

$$(2)\qquad \begin{cases} U_1 = r_1 I_1 + L_1\omega_1 I_1 j + M\omega_1 I_2 j, \\ U_2 = r_2 I_2 + L_2\omega_1 I_2 j + M\omega_1 I_1 j, \end{cases}$$

en désignant : par U_1 et U_2, les tensions vectorielles (3) des réseaux de pulsations ω_1 et ω_2, la fréquence $\frac{\omega_1}{2\pi}$ étant ici celle du réseau relié aux bagues (voir plus haut) ; par I_1 et I_2, les courants correspondants ; par r_1 et r_2, les résistances vectorielles (3) des deux circuits polyphasés à considérer sur le rotor R (4).

On voit immédiatement d'après (2) que le changeur de fréquence à collecteur envisagé ici (basse fréquence côté collecteur) se distingue de la machine d'induction utilisée comme convertisseur de fréquence (5) en ce que les *forces électromotrices internes sont toutes proportionnelles à la pulsation* ω_1, *côté bagues*.

D'ailleurs, si le côté collecteur est relié à un système inerte de résistances et de réactances [par exemple, enroulements d'excitation séparée d'une machine polyphasée à collecteur à réaction d'induit compensée, suivant le montage Milch (6)], on peut écrire le système (2) sous la forme évidente

$$(2')\qquad \begin{cases} U_1 = r_1 I_1 + L_1\omega_1 I_1 j + M\omega_1 I_2 j, \\ 0 = r_2 I_2 + R I_2 + L_2\omega_1 I_2 j + N I_2 j + M\omega_1 I_1 j, \end{cases}$$

en désignant par R et N la résistance ohmique et la réactance réduites du circuit secondaire d'utilisation, à la pulsation ω_2. Les équations (2') en I_1 et I_2 sont immédiatement résolubles d'une façon identique à celle devenue classique, depuis plus de trente ans, pour le transformateur statique ; ceci nous dispensera de pousser plus loin le calcul sous forme générale. Notons seulement qu'au synchronisme $\left(\Omega = \frac{\omega_1}{p}\right)$ la réactance N s'évanouit avec la pulsation ω_2, *mais l'intensité* I_2 *demeure finie* ; pour le côté collecteur, tout se passe comme si les intensités instantanées des diverses phases s'étaient pour ainsi dire « figées » à de certaines valeurs relatives, et celles-ci sont d'ailleurs telles que la circulation des courants correspondants produirait, dans un enroulement polyphasé récepteur, des ampèretours résultants d'amplitude et de direction constantes.

Si cet enroulement sert lui-même à exciter une machine polyphasée à collecteur, les courants recueillis par les balais de celui-ci formeront évidemment un système de courants continus présentant la même caractéristique, aptes, par conséquent, à l'excitation d'une machine d'induction fonctionnant momentanément au synchronisme (montage Milch précité).

D'ailleurs, la théorie du changeur de fréquence peut tout aussi bien être exposée par la méthode, également classique, des réactances équivalentes aux flux de fuites ; en désignant alors par E la force électromotrice induite entre bagues par le flux résultant F, on peut écrire, en effet

$$(3)\qquad \begin{cases} U_1 = r_1 I_1 + l_1\omega_1 I_1 j + E, \\ U_2 = r_2 I_2 + l_2\omega_1 I_2 j + hE, \end{cases}$$

et

$$(4)\qquad E = (xj + r)(I_1 + hI_2),$$

l_1 et l_2 étant les self-inductances de fuites ; h, un coefficient de proportionnalité dépendant du type des enroulements, et *l'impédance fictive* $xj + r$ fixant en grandeur et phase la relation entre E et les ampèretours résultants (r représente ici l'effet des pertes dans le fer). Dans le cas où le circuit magnétique est saturé, on peut d'ailleurs appliquer la méthode décrite dans un article antérieur (1).

2. Le réseau a plus haute fréquence est relié aux balais. — En appliquant toujours l'indice 1 au circuit à plus haute fréquence, on arrive facilement, par un rai-

(1) Ce résultat est d'ailleurs analogue à celui, maintenant classique, qui conduit à la conception de la réactance *négative* d'un rotor à collecteur, conception dont tout le mérite revient sans conteste à M. M. Latour, et qui trouve son emploi dans l'avanceur de phase bien connu.

(2) Voir comparativement la note annexe D de notre conférence sur les machines à haute fréquence, faite à la Société française des Electriciens en 1914. *Bulletin de la Société française des Electriciens*, 3 juin 1914, p. 598.

(3) Cf. A. Blondel. Notes sur la théorie élémentaire des appareils à champ tournant. *La Lumière électrique*, 25 novembre 1893 et numéros suivants, t. L, p. 351, etc. Propriétés des champs tournants. *L'Eclairage électrique*, 24 août 1895, t. V, p. 364.

(4) En réalité, le circuit côté bagues et le circuit côté balais sont le plus souvent constitués pratiquement par le même bobinage (comme dans une commutatrice) ; pour simplifier les raisonnements et conserver, d'ailleurs, une forme plus générale aux équations, nous supposons ces deux circuits distincts électriquement.

(5) Pour éviter toute confusion entre les deux types de machines, nous réserverons le nom de *changeur* à la machine à collecteur, et celui de *convertisseur* à la machine d'induction.

(6) A propos de ce montage, voir notamment la conférence de M. Latour faite en 1918, sur la machine asynchrone à bagues, à la Société Française des Electriciens. *Bulletin de la Société française des Electriciens*, 6 juin 1918, p. 255.

(1) J. Bethenod ; Diagramme des moteurs polyphasés asynchrones tenant compte de la saturation magnétique. *Revue générale de l'Electricité*, 31 décembre 1918, t. VIII, p. 941.

Digitized by Google

sonnement calqué sur celui exposé plus haut, aux équations

$$(5)\qquad \begin{cases} U_1 = r_1 I_1 + L_1\omega_2 I_1 j + M\omega_2 I_2 j, \\ U_2 = r_2 I_2 + L_2\omega_2 I_2 j + M\omega_2 I_1 j. \end{cases}$$

En d'autres termes, ici encore, *les forces électromotrices internes sont toutes proportionnelles à la pulsation côté bagues.*

Il en résulte notamment qu'au synchronisme ($\omega_2 = 0$), les bagues étant supposées reliées à un système inerte de résistances et de réactances, *le courant I_2 est nul* et la tension primaire U_1 n'a qu'à équilibrer la chute ohmique $r_1 I_1$ (1).

Bien entendu, le système (5) peut être remplacé par un système calqué sur (3) et (4).

En terminant ces brèves notes, nous mentionnerons enfin que les diverses équations précédentes peuvent donner lieu à des interprétations géométriques très commodes pour la discussion. En particulier, si on considère les équations (2') qui correspondent, comme on l'a dit, à une application très intéressante du changeur de fréquence, il est utile d'examiner comment varient les courants I_1 et I_2, lorsque la vitesse d'entraînement Ω varie, c'est-à-dire lorsque la pulsation ω_2 est modifiée (par suite, notamment, des variations du glissement d'un moteur d'induction réglé suivant le montage Milch). On peut alors, en général, considérer R comme sensiblement constant, tandis que X varie proportionnellement à ω_2; en posant

$$(6)\qquad \operatorname{tg}\theta = \frac{L_2\omega_1 + X}{r_2 + R},$$

on prendra comme nouvelle variable l'angle θ ainsi défini, et on reconnaîtra aisément que le lieu des extrémités des vecteurs I_1 et I_2 est un cercle, facile à tracer, lorsque la pulsation ω_2 varie entre des limites quelconques. L'usage des équations du type (3) conduirait, bien entendu, au même résultat.

Nous nous proposons, d'ailleurs, de revenir ultérieurement sur ce sujet, en analysant les résultats d'essais effectués sur un changeur de fréquence.

J. Bethenod.

Revues, analyses et informations

La chute de tension dans les transformateurs. Diagrammes et calculs (2).

Définition générale. — Quand un transformateur débite sur un circuit d'utilisation, la tension aux bornes secondaires E_2 est plus petite que la tension secondaire prévue théoriquement d'après la formule

$$E_{2th} = \frac{n_2}{n_1} E_1,$$

E_1 étant la tension d'alimentation du primaire.

On nomme « chute de tension » la différence

$$E_{2th} - E_2 = \frac{n_2}{n_1} E_1 - E_2.$$

On peut dire, inversement, que la tension théorique aux bornes du primaire, E_{1th}, définie en fonction de la tension secondaire par

$$E_{1th} = \frac{n_1}{n_2} E_2,$$

est, quand le transformateur débite, plus petite que la tension pratique d'alimentation primaire

$$E_{1th} < E_1$$

et on donne une autre définition du même phénomène, en disant alors que la différence

$$E_1 - E_{1th} = E_1 - \frac{n_1}{n_2} E_2,$$

est « l'augmentation de tension (sous-entendu : primaire par rapport à la tension secondaire) ».

On fait le plus souvent usage de la définition « chute de tension », mais l'autre définition est également employée, comme on le verra plus loin (diagramme d'Arnold).

Le phénomène caractérisé par l'expression « chute de tension » est dû à ce que le transformateur absorbe une certaine tension pour son propre fonctionnement, en particulier, pour vaincre les tensions ohmiques et les forces contre-électromotrices de self-induction.

Utilité pratique de la détermination de la chute de tension. — En vue de fournir à l'acheteur les caractéristiques de fonctionnement d'un transformateur, ou afin de vérifier qu'un transformateur nouvellement construit marche conformément aux spécifications d'un projet ou d'un cahier des charges, il est utile, pour le constructeur, de connaître la chute de tension du transformateur pour tous les cas de charge ou d'utilisation. On peut directement mesurer la chute de tension d'un petit transformateur pour lequel on dispose, en général, de la tension et de la puissance désirées; mais ce n'est plus le cas pour les transformateurs de grande puissance. D'où l'utilité des méthodes graphiques ou analy-

(1) Pour être tout à fait exact, il conviendrait d'ajouter aux divers systèmes d'équations établis ci-dessus, des termes représentant l'effet de flux de fuites supplémentaires, donnant lieu, du côté collecteur, à des chutes de tension inductives proportionnelles à la fréquence des courants circulant par les balais (Cf. A. Blondel; Remarques sur le diagramme des moteurs polyphasés à collecteur. *Revue générale de l'Electricité*, 11 juin 1921, t. IX, p. 835).

(2) Robert Edler. *Bulletin de l'Association suisse des Electriciens*, mars 1921, t. XII, p. 55-73, 1 000 mots,

Digitized by Google

tiques que nous allons exposer et qui permettent de déterminer la chute de tension par des méthodes bien établies, à l'aide d'essais exécutés sur la plate-forme.

Méthodes de Kapp, d'Arnold et de l'auteur. — On verra plus loin que le diagramme de Kapp est incommode, car il exige un dessin de dimensions démesurées si l'on veut obtenir une bonne précision. Celui d'Arnold ne présente pas cet inconvénient. Mais, en général, toute variation dans la charge d'un transformateur entraîne la variation du déphasage secondaire φ_2 en même temps que de l'intensité I_2. Or, ces deux diagrammes ne permettent pas de suivre le fonctionnement du transformateur quand ces deux facteurs varient à la fois. C'est ce qu'on peut vérifier dans les traités, où l'on expose séparément le tracé de chacun de ces deux diagrammes :

a) Dans le cas du fonctionnement à intensité constante et déphasage variable ;

b) Dans le cas inverse.

Autrement dit, pour les diagrammes de Kapp et d'Arnold, si on vient d'en établir un pour une charge déterminée par I'_2 et φ'_2 et si on veut passer au cas d'une autre charge définie par I''_2 et φ''_2, il faut recommencer un autre diagramme.

Après avoir exposé les méthodes de Kapp et d'Arnold, l'auteur décrit une méthode qui permet d'utiliser un seul diagramme pour toutes les charges d'un transformateur.

Diagramme de Kapp. — Soit tout d'abord un transformateur dont le rapport de transformation est

$$\frac{n_2}{n_1}.$$

Soient R_1 sa résistance primaire, R_2 sa résistance secondaire, L_1 son coefficient de self-induction primaire, L_2 son coefficient de self-induction secondaire, E_1 la tension primaire appliqué, E_2 la tension secondaire aux bornes, en charge, I_1 le courant primaire et I_2 le courant secondaire. On démontre que la chute de tension est la même que celle d'un transformateur « équivalent » dont le rapport de transformation serait égal à 1, et dont les grandeurs seraient « réduites » en fonction de ce rapport et deviendraient :

tension primaire réduite

$$E_1 \frac{n_2}{n_1};$$

résistance primaire réduite

$$R_1 \left(\frac{n_2}{n_1}\right)^2;$$

self-inductance primaire réduite

$$L_1 \left(\frac{n_2}{n_1}\right)^2;$$

La figure 1, reproduit alors le diagramme vectoriel relatif aux deux circuits d'un tel transformateur, diagramme établi d'après la « théorie du flux résultant » : les courants I_1 et I_2 donnent lieu à un flux résultant Φ. Tout se passe comme si un courant fictif I_0, qui serait la résultante de I_1 et de I_2, créait ce flux. Dans chacun des enroulements, ce flux donne naissance à une force électromotrice qui sera $\mathcal{E}_1$, dans le primaire et $\mathcal{E}_2$, dans le secondaire.

Le déphasage secondaire est φ_2. Les chutes de tension ohmiques sont respectivement $R_1 I_1$, $R_2 I_2$, en phase avec les courants I_1 et I_2. Ici R_1 et R_2 désignent la résistance primaire du transformateur équivalent et la résistance secondaire. De même les forces contre-électromotrices de self-induction dues au passage des courants, sont respectivement $X_1 I_1$ et $X_2 I_2$, X_1 étant la self-inductance primaire du transformateur équivalent, et X_2 la self-inductance secondaire. Les tensions $X_1 I_1$ et $X_2 I_2$ sont déphasées en arrière de $\frac{\pi}{2}$ sur I_1 et I_2 respectivement.

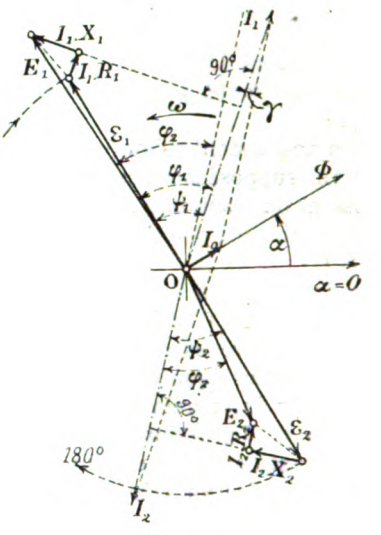


Fig. 1.

Pour la clarté des figures, les dimensions des triangles rectangles formés par $R_1 I_1$, $X_1 I_1$, et $R_2 I_2$ et $X_2 I_2$ ont été

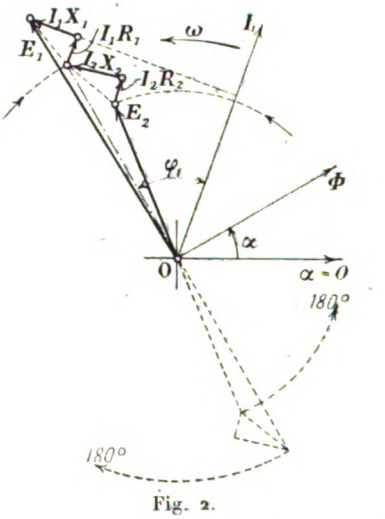


Fig. 2.

représentées agrandies. En vraie grandeur, ils auraient été trop petits, ou la figure tout entière aurait du être beaucoup plus grande.

Si le schéma vectoriel du secondaire pivote de 180° autour de O, on obtient la disposition de la figure 2 où $\mathcal{E}_1$ se confond avec $\mathcal{E}_2$. Les deux triangles rectangles dont il vient

Digitized by Google

d'être parlé se placent de telle façon qu'ils déterminent, à peu de chose près, un troisième triangle O_1 M O_2, (fig 3) dont les côtés sont respectivement égaux à

$$R_1 I_1 + R_2 I_2 \quad \text{et} \quad X_1 I_1 + X_2 I_2.$$

On sait qu'on désigne ce triangle résultant sous le nom de « triangle fondamental ». Il peut être construit à l'aide

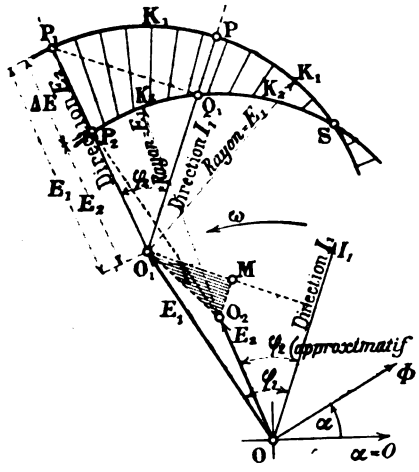


Fig. 3.

des données recueillies au cours des mesures et des essais de plate-forme.

Si, de O_1 et de O_2 comme centres, avec E_1 comme rayon, c'est-à-dire avec un rayon égal à la tension primaire réduite

$$E_1 \frac{n_2}{n_1},$$

on trace les deux arcs de cercle K_1 et K_2, et que de O_1, on mène une parallèle à E_2, et de O_2 une parallèle à E_1, on remarque :

1° Que l'angle P_1O_1P représente sensiblement φ_2, déphasage secondaire ;

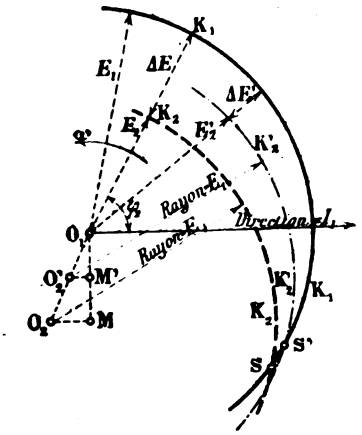


Fig. 4.

2° Qu'on peut construire la figure en partant de φ_2, du triangle fondamental O_1O_2M et de E_1 ;

3° Finalement que P_1P_2 représente la chute de tension ΔE cherchée.

On en déduit aisément la construction pratique du diagramme de Kapp, représentée par la figure 4. On trace une direction quelconque O_1I_1 axe des I_1. On a tous les éléments du triangle O_1O_2M : sommet O_1, direction O_1M perpendiculaire à O_1I_1 ; $O_2M = RI_2$ et $O_1O_2 =$ résistance apparente, sont données par l'essai en court-circuit. On trace les côtés de l'angle φ_2 tels qu'ils sont indiqués. De O_1 et O_2 comme centres, avec E_1 comme rayon, on décrit deux arcs de cercle ; ils déterminent sur le côté de l'angle φ_2 le segment ΔE qui est la chute de tension cherchée.

En pratique, comme on l'a signalé plus haut, le rayon E_1 est très grand et le triangle fondamental très petit. Par exemple, si $E_1 = 100$ v, est représenté par 100 mm, $\Delta R = 2$ v,

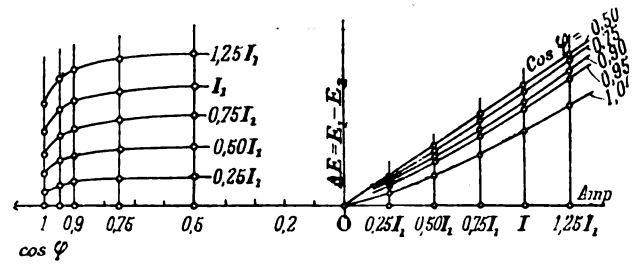


Fig. 5.

n'aura que par 2 mm, sur lesquels on peut commettre facilement une erreur de mesure graphique.

La figure 5 représente :

a) La variation de ΔE, à intensité constante, en fonction de φ_2 ;

b) La variation de ΔE, à déphasage constant, en fonction de l'intensité I_1.

Diagramme d'Arnold déduit du diagramme de Kapp. — Pour rendre plus claire la relation existant entre ces deux diagrammes, déplaçons la ligne $O_2T_2 = E_1$ de la figure, 3 parallèlement à elle-même, de O_2 vers O_1, de façon à lui faire

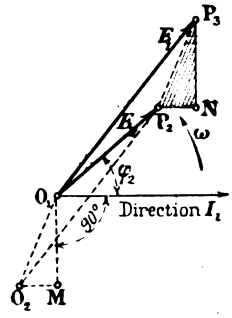


Fig. 6.

prendre la nouvelle position $O_1P_3 = E_1$ de la figure 6 ; on voit qu'alors le triangle fondamental O_1MO_2, sans changer de grandeur, se place suivant P_3NP_2. Alors, sur P_2P_3, ou mieux sur AC de la figure 7, où le triangle fondamental est, comme sur les figures précédentes, couvert par des hachures, décrivons une circonférence. Si une tension secondaire E_2 est donnée, il correspond à celle-ci une tension primaire théorique E_1 trop petite, qui, en pratique, pour donner E_2 au secondaire, devra être

$$E_1 + \Delta E_1,$$

Digitized by Google

ΔE_1 est « l'augmentation de tension primaire par rapport à la tension secondaire », dont il a été parlé au début. Exprimée en fraction de E_2, elle est

$$\varepsilon = \frac{\Delta E_1}{E_2} = \frac{\overline{OC} - \overline{OA}}{\overline{OA}} = \frac{\overline{OC}}{\overline{OA}} - 1. \qquad (9)$$

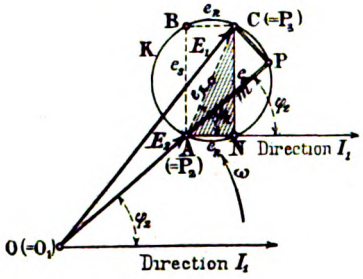


Fig. 7.

Si on pose

$$\overline{AP} = m \text{ volts}, \quad \overline{PC} = n \text{ volts},$$

il vient

$$\varepsilon + 1 = \frac{\sqrt{\overline{OP}^2 + \overline{PC}^2}}{E_2},$$

d'où

$$\varepsilon + 1 = \frac{\sqrt{(E_2 + m)^2 + n^2}}{E_2} = \sqrt{1 + \frac{2m}{E_2} + \frac{m^2}{E_2^2} + \frac{n^2}{E_2^2}};$$

posons

$$\frac{m}{E_2} = \alpha, \quad \frac{n}{E_2} = \beta, \qquad (10)$$

il vient

$$\varepsilon + 1 = \sqrt{1 + (2\alpha + \alpha^2 + \beta^2)} = \sqrt{1 + y}.$$

On a

$$\sqrt{1 \pm y} = 1 \pm \frac{y}{2} - \frac{y^2}{8} \pm \frac{y^3}{16} \text{ etc.},$$

et, comme les termes à fort exposant sont négligeables,

$$\sqrt{1 + y} = 1 + \frac{y}{2} - \frac{y^2}{8};$$

d'où

$$\varepsilon + 1 = 1 + \alpha + \frac{\beta^2}{2} - \frac{\alpha}{2}(\alpha^2 + \beta^2) - \frac{1}{8}(\alpha^2 + \beta^2)^2.$$

Or, même si m et n atteignent 10 pour 100 de E_2, ce qui n'est jamais le cas, on a

$$\frac{\alpha}{2}(\alpha^2 + \beta^2) = 0{,}001,$$

et

$$\frac{1}{8}(\alpha^2 + \beta^2)^2 = 0{,}00005;$$

ces termes sont donc négligeables, et il vient

$$\varepsilon = \alpha + \frac{\beta^2}{2}$$

Si on remplace dans ces calculs α et β par leurs valeurs centuples a et b exprimées en pour 100 de E_2,

$$a = 100\,\alpha,$$
$$b = 100\,\beta,$$

on a

$$\varepsilon = \frac{a}{100} + \frac{b^2}{20\,000}.$$

Si nous exprimons ε (augmentation de tension primaire en fractions décimales de E_2) en centièmes de E_2, soit v, il vient

$$v = 100\,\varepsilon = a + \frac{b^2}{200}. \qquad (18)$$

qui est la formule fondamentale de la méthode d'Arnold.

Application. — L'essai en court-circuit donne la tension e_k correspondant à la résistance apparente, ainsi que

$$e_R = \frac{P \text{ (en watts)}}{I_1}.$$

La formule fondamentale précédente contenant des facteurs mesurés en centièmes de E_2, il conviendra, pour rendre homogènes les lignes du diagramme, de porter sur ce dernier les longueurs v_R et v_k telles que

$$v_R = 100\,\frac{e_R}{E_2},$$

$$v_k = 100\,\frac{e_k}{E_2}.$$

Pour le construire, du point A on trace la droite AI_1 (fig. 8) et sur celle-ci l'angle φ_2. On porte $AN = v_R$ et au point N on

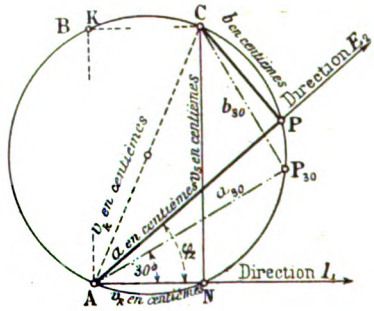


Fig. 8.

élève une perpendiculaire. De A comme centre on décrit un cercle de rayon $r = v_k$, qui coupe cette perpendiculaire en C. Sur AC comme diamètre on décrit une circonférence qui coupe l'autre côté de l'angle φ_2 en P. Les longueurs AP et PC sont les longueurs a et b qu'il suffit de porter dans la formule pour déterminer v.

Comparaison des résultats numériques des méthodes de Kapp et d'Arnold. — Soient U_K la tension en centièmes déterminée par la méthode de Kapp et U_A celle que donne la méthode d'Arnold. On a

$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{100 + U_A}{100} = \frac{100}{100 - U_k},$$

formule qui établit la relation entre U_A et U_K.

Résumé. — En résumé la méthode d'Arnold comprend le tracé d'un diagramme et l'application, dans une formule, de

Digitized by Google

deux grandeurs auxiliaires, déterminées à l'aide de ce diagramme.

La figure qui se trouve à la base du diagramme d'Arnold est un triangle semblable au « triangle fondamental » de Kapp, mais où les grandeurs ne sont plus mesurées en valeur absolue, c'est-à-dire en volts, mais en centièmes de E_2.

La méthode d'Arnold, a sur celle de Kapp, l'avantage d'avoir un diagramme dont les lignes sont entre elles dans des rapports voisins de l'unité et qui sont toutes contenues à l'intérieur d'un cercle où s'inscrivent les différentes figures. Le tracé d'après la méthode d'Arnold est donc plus commode et plus précis.

Mais le diagramme d'Arnold (pas mieux que celui de Kapp) n'est susceptible de représenter corrélativement l'influence sur la chute de tension de I_2 et de φ_2. Le tracé de plusieurs diagrammes sur la même feuille de papier donnerait des figures embrouillées où il ne serait pas possible de retrouver une image d'ensemble des fonctionnements du transformateur sous diverses sortes de charges.

Diagramme déduit du précédent, d'après l'auteur. — On a, dans la figure 7, la relation

$$\varepsilon = \frac{\overline{OC} - \overline{OA}}{\overline{OA}} = \frac{E_1}{E_2} - 1, \qquad (23)$$

et le triangle OPC donne

$$E_1^2 = (E_2 + m)^2 + n^2,$$
$$E_1^2 - E_2^2 = m^2 + n^2 + 2mE_2; \qquad (24)$$

comme, d'après (23),

$$E_1 - E_2 = \varepsilon E_2, \qquad (23\,a)$$

en posant

$$m = \alpha E_2 \quad \text{et} \quad n = \beta E_2, \qquad (V.\ 10)$$

il vient

$$(E_1 + E_2)\,\varepsilon E_2 = E_2^2\,(\alpha^2 + \beta^2 + 2\alpha).$$

En remplaçant

$$E_1 \text{ par } (\varepsilon + 1)\,E_2,$$

on obtient

$$(\varepsilon E_2 + 2E_2)\,\varepsilon = E_2\,(\alpha^2 + \beta^2 + 2\alpha),$$
$$\varepsilon^2 = (\alpha^2 + \beta^2 + 2\alpha) - 2\varepsilon,$$
$$\varepsilon = -1 \pm \sqrt{1 + (\alpha^2 + \beta^2 + 2\alpha)}.$$

Comme

$$\sqrt{1 + y} = 1 + \frac{y}{2} - \frac{y^2}{8} + \frac{y^3}{16} - \ldots,$$

si on pose

$$y = (\alpha^2 + \beta^2 + 2\alpha),$$

il vient

$$\varepsilon = -1 \pm \left[1 + \frac{\alpha^2 + \beta^2 + 2a}{2} - \frac{(\alpha^2 + \beta^2 + 2\alpha)^2}{8} + \ldots\right].$$

ε devant être positif, le signe + devant l'accolade est seul à considérer, d'où

$$\varepsilon = \frac{\alpha^2 + \beta^2}{2} + a - \frac{(\alpha^2 + \beta^2 + 2\alpha)^2}{8} + - \ldots.$$

Mais, ainsi qu'on l'a observé précédemment, α^2 et β^2 sont négligeables, et il ne reste plus finalement que

$$\varepsilon = a,$$

donc

$$m = aE_2 = \varepsilon E_2; \qquad (31)$$

d'où

$$r = 100\,\varepsilon = 100\,a = \frac{100\,m}{E_2}. \qquad (32)$$

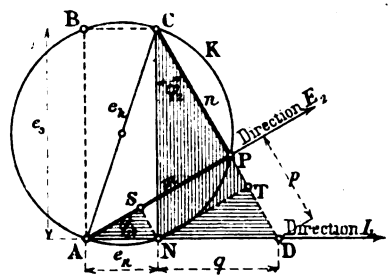


Fig. 9.

Posons

$$\frac{100\,RI}{E_2} = v_R \quad \text{et} \quad \frac{100\,IX}{E_2} = v_x, \qquad (32)$$

et traçons la figure 9, nous avons

$$m = e_R \cos\varphi_2 + e_s \sin\varphi_2,$$

d'où

$$v = v_R \cos\varphi_2 + v_x \sin\varphi_2, \qquad (34)$$

mais si l'on remarque que l'on a par définition

$$\sin\varphi_2 = \sqrt{1 - \cos^2\varphi_2}, \qquad (35)$$

et que le triangle ACN (fig. 9) donne

$$e_s = \sqrt{e_k^2 - e_R^2},$$

soit

$$\frac{e_s}{e_k} = \sqrt{1 - \left(\frac{e_R}{e_k}\right)^2}, \qquad (36)$$

on voit que les deux fonctions définies par (35) et (36) correspondent au même cercle de rayon égal à l'unité, et que leurs

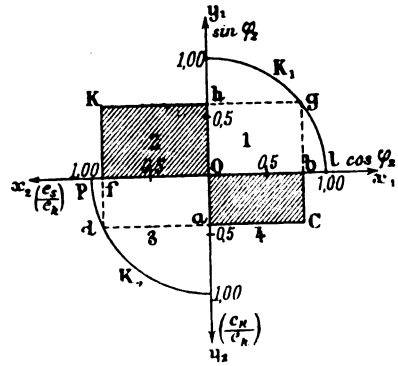


Fig. 10.

variables dépendent l'une de l'autre suivant les arcs de cercle K_1 et K_2 de la figure 10.

Digitized by Google

De la relation 34 on peut déduire

$$v = 100\,\frac{e_k}{E_2}\left[\frac{e_R}{e_k}\cos\varphi_2 + \frac{e_x}{e_k}\sin\varphi_2\right] = 100\,\frac{e_k}{E_2}\,\frac{e_k}{m}. \quad (37)$$

On voit que la somme des surfaces des deux rectangles couverts de hachures (fig. 10) donne la valeur de $\frac{e_k}{m}$ en fonction de φ_2 et des données expérimentales. La relation 37 donne v en fonction de φ_2 et de I_2.

De ces résultats, on tire la construction du diagramme ainsi qu'il suit (fig. 11).

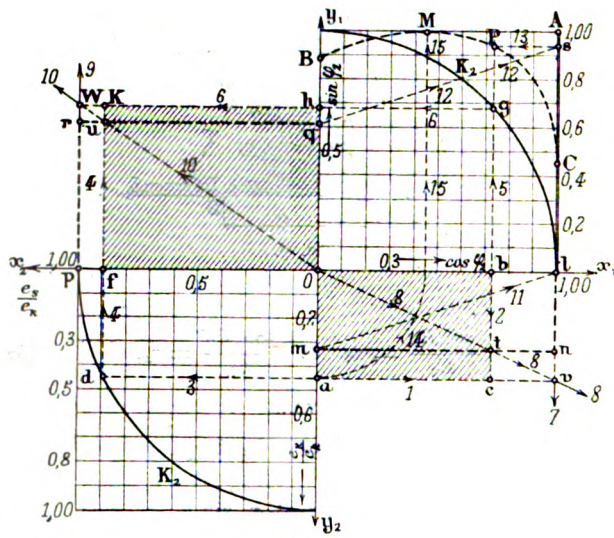


Fig. 11.

On trace une circonférence de rayon 1 du point O comme centre et les axes de coordonnées OX_1, OY_1, OX_2, OY_2, sur lesquels on porte les valeurs convenables, respectivement, de $\cos\varphi_2$ et de $\frac{e_R}{e_K}$. On en déduit les deux rectangles oacb et ofkh.

S'ils avaient l'unité pour base, la somme de leurs surfaces, mesure de $\frac{m}{E_2}$, serait donnée par la somme de leurs hauteurs.

On obtient graphiquement, en olnm et oprq, les deux rectangles de base égale à l'unité, d'où l'on déduit $\frac{m}{E_2}$ et v.

On voit que cette méthode donne un diagramme sur lequel on peut, étant donné, par exemple, une valeur de φ_2, trouver toutes les valeurs de la chute de tension qui correspondent à toutes les valeurs possibles de l'intensité.

L'auteur fait suivre cet exposé de trois exemples relatifs à trois transformateurs triphasés. — L. C.

Résistance et pouvoir thermoélectrique du germanium métallique (1).

Ces mesures ont été faites sur un échantillon de germanium spectroscopiquement pur et dépourvu d'oxyde de germanium, ayant la forme d'un barreau de 2,4cm × 0,44cm × 0,41 cm. Le courant électrique traversait le barreau par l'intermédiaire de blocs de graphite appliqués contre ses extrémités au moyen de ressorts. D'autre part, des thermocouples (platine-platine rhodié pour les températures moyennes ou élevées, acier-constantan pour les basses températures) étaient engagés dans des rainures pratiquées dans le barreau au voisinage de ses extrémités.

La résistance était déterminée en envoyant un courant dans le barreau, mesurant la différence de potentiel entre les fils de platine des thermocouples connectés avec ses extrémités, et comparant ce nombre avec la différence de potentiel existant simultanément entre les extrémités d'un conducteur d'un ohm de résistance mis en série avec le barreau. Les mesures ont été faites de cette façon aux températures constantes suivantes, obtenues par l'emploi de thermostats appropriés : — 191° C ; — 183° ; — 116° ; — 79° ; — 65° ; 0° ; + 24° ; + 61,2° ; + 77,5° ; + 98,9 ; + 183° ; + 218° ; + 305° ; + 443° ; + 675°.

Pour mesurer le pouvoir thermoélectrique, on s'est arrangé pour obtenir le long de l'échantillon un gradient de température, pour déterminer la température de chaque extrémité au moyen des deux thermocouples, enfin pour mesurer la force électromotrice du système formé par le barreau et les deux fils de platine faisant partie des deux thermocouples et en contact avec l'échantillon. En divisant cette force électromotrice par la différence de température, on obtient le pouvoir thermoélectrique correspondant à la température moyenne du métal. Aux basses températures, la mesure fut la même, le platine étant seulement remplacé par l'acier des couples acier-constantan, mais le résultat de la mesure a été ensuite rapporté au platine.

Ces expériences ont révélé l'existence entre 125° et 450°, d'une lente transformation réversible du métal, car en dehors de cet intervalle, le pouvoir thermoélectrique est une fonction linéaire de la température et, d'autre part, en dehors de l'intervalle de 100° à 600°, la résistance est une fonction exponentielle de la forme

$$\log R = \log A + aT + \frac{Q}{kT},$$

où A, a, Q et k sont des constantes. La résistance spécifique atteint un minimum pour — 116° et un autre pour 645°, le coefficient de température passant des valeurs positives à des valeurs négatives lorsque la température s'élève. La valeur de la résistivité du germanium pur à 0° est 0,089 ohm-cm.

L'auteur compare ensuite, à l'aide des résultats fournis par ces expériences, les propriétés du germanium à celles des autres corps du tableau périodique. Les éléments situés à droite de ce tableau possèdent, on le sait, des résistances élevées et des coefficients de température négatifs. C'est l'inverse pour les éléments de gauche, qui sont bons conducteurs et ont un coefficient de température positif. Les éléments du groupe IV : C, Si, Ti, Ge et Zr se comportent d'une façon intermédiaire, chacun d'eux manifestant au moins l'existence d'une résistance minimum, à des températures qui décroissent régulièrement depuis des valeurs très élevées, pour les éléments les plus légers jusqu'à des valeurs très basses pour les plus lourds.

La transformation moléculaire dont le germanium est en outre le siège, entre 125° et 450°, est dépourvue d'hystérésis, les courbes obtenues par refroidissement rapide se juxtaposant exactement à celles obtenues par refroidissement ou réchauffement lents. — L. B.

(1) C.-C. Bidwell. *Physical Review*, mai 1922, t. XIX, p. 447-455, 2500 mots, 3 figures.

Digitized by Google

SECTION INDUSTRIELLE

La ligne de transmission d'énergie à 120 000 volts de la Basse-Isère

Nous avons décrit dans des articles récents les dispositions hydrauliques (R. G. E., 27 mai 1922, t. XI, p. 781) et les aménagements électriques (R. G. E., 3 juin 1922, t. XI, p. 817) de l'usine construite par l'Energie électrique de la Basse-Isère à Beaumont-Monteux. L'énergie produite dans cette usine est transmise dans la région de Saint-Etienne au moyen d'une ligne de transmission à 120 000 volts, qui, la première en France, a été mise en service à cette tension avec plein succès. L'article ci-dessous décrit cette ligne, en s'attachant plus particulièrement aux conditions de construction de cet ouvrage établi dans une région très accidentée.

I. **Introduction.** — L'énergie produite par l'usine électrique de la Basse-Isère à Beaumont-Monteux est transmise dans la région de Saint-Etienne où elle vient, par suite du régime glaciaire de l'Isère, régulariser heureusement le régime des chutes du Plateau Central qui alimentent les départements de la Loire et de la Haute-Loire.

Dès l'année 1909, la Compagnie électrique de la Loire et du Centre avait en effet reconnu qu'un des moyens les plus rationnels de régularisation de ses chutes du Centre consistait à conjuguer avec elles les chutes du Dauphiné. Une ligne à 60 000 v de 150 km avait été construite entre la Vallée de la Romanche et Saint-Chamond en vue de transmettre environ 15 000 kw au poste d'arrivée installé près de cette ville.

Les réseaux et les chutes du Centre s'étant développés, l'apport d'énergie du Dauphiné est devenu insuffisant et la Compagnie électrique de la Loire et du Centre, instruite par les résultats heureux d'un premier essai, s'est assuré la fourniture d'une partie très importante de la production de l'usine de Beaumont-Monteux. Il a donc fallu construire une ligne entre cette usine et le centre de consommation de Saint-Etienne.

Il s'agissait de transmettre à Saint-Etienne d'une part et à Saint-Chamond d'autre part, l'énergie produite par l'usine hydroélectrique installée par la Société L'Energie électrique de la Basse Isère à Beaumont-Monteux (Drôme) sur l'Isère et à environ 7 km en amont de son confluent avec le Rhône.

La puissance que produira cette usine doit varier suivant les mois de l'année de 9 000 kw en janvier à 26 000 kw en mai, juin et juillet, et l'usine est installée pour une puissance de 28 000 kw.

L'énergie produite sera utilisée par la Compagnie électrique de la Loire et du Centre d'une part, pour être distribuée sur ses réseaux et par la Compagnie des Forges et Aciéries de la Marine et d'Homécourt d'autre part, pour l'alimentation en force motrice de ses ateliers de Saint-Chamond et de la Vallée du Gier.

L'établissement de la ligne a été déclaré d'utilité publique par décret du 29 juin 1921 ; la mise en service régulier, après réception du contrôle, a été effectuée le 26 juin 1922 c'est-à-dire moins d'un an après.

Les distances comptées suivant l'axe de la ligne sont :

De Beaumont Monteux à Saint-Etienne, 70 km.

De Beaumont-Monteux à Saint-Chamond, 82 km.

II. **Dispositions générales de la transmission.** — Dans ces conditions, on aurait pu, normalement, adopter, pour cette transmission d'énergie, une tension inférieure à 120 000 v. Mais il y avait à envisager les avantages économiques résultant du groupement des centrales en vue de leur marche en parallèle, celles-ci devant pouvoir se prêter mutuellement secours, ainsi que les liaisons éventuelles avec les réseaux qui seront établis au voisinage, dans un avenir assez rapproché, à la tension de 120 000 v, qui est prévue pour notre réseau national.

Ces considérations ont conduit à adopter, pour la transmission projetée, cette tension de 120 000 v avec la possibilité de l'élever à 150 000 v si cela est nécessaire plus tard. On a adopté la fréquence de 50 p : s qui est celle des deux usagers ; c'est d'ailleurs celle qui est généralement utilisée sur les lignes de la région.

Dans l'établissement de cette transmission, on a eu à tenir compte du fait que les deux usagers auront à utiliser l'énergie dans des buts très différents, et surtout de ce que les développements futurs de ces deux usagers ne sont pas les mêmes : la Compagnie des Forges et Aciéries de la Marine et d'Homécourt peut être appelée à recevoir une nouvelle quantité d'énergie par la Vallée du Gier ; tandis que la Compagnie électrique de la Loire et du Centre doit étendre son réseau par la mise en service de nouvelles usines et prévoir le raccordement des lignes avec Roanne et Montluçon. Il importait aussi de chercher à éviter que les perturbations

Digitized by Google

de l'un des réseaux ne se répercutent sur l'autre. On a donc été conduit à adopter deux lignes triphasées, normalement indépendantes, mais pouvant éventuellement être couplées en parallèle et se porter mutuellement secours soit dans la totalité du parcours soit sur des tronçons se trouvant entre deux postes de coupure ainsi qu'il sera exposé plus loin.

On pouvait, pour la réalisation de cette double ligne triphasée, soit construire une ligne de 6 câbles portés par les mêmes supports, soit établir deux lignes de 3 câbles absolument indépendantes. On a adopté cette dernière solution, sous la forme de deux lignes parallèles, à une distance de 1 4 m d'axe en axe des supports, pour les raisons suivantes : les frais d'établissement de deux lignes indépendantes parallèles à faible distance l'une de l'autre sont très peu différents de ceux d'une ligne à 6 câbles sur pylônes communs ; par contre les avantages sont considérables par suite de la facilité d'entretien des lignes séparées et de la plus grande sécurité d'exploitation puisqu'on évite ainsi, à chaque avarie, l'arrêt total de la transmission d'énergie. C'est, en effet, une illlusion de croire que l'on puisse réparer un accident sur une ligne à 6 câbles en conservant 3 câbles en service car la législation interdit de faire travailler des ouvriers sur des pylônes portant des câbles sous tension et il y a lieu de tenir compte, pour des lignes à 120 000 v, de l'outillage important nécessaire pour effectuer une réparation, même pour le remplacement d'un isolateur.

Il faut aussi ajouter qu'en l'état actuel de la technique des lignes à 120 000 v, il est reconnu indispensable de faire des vérifications et des remplacements

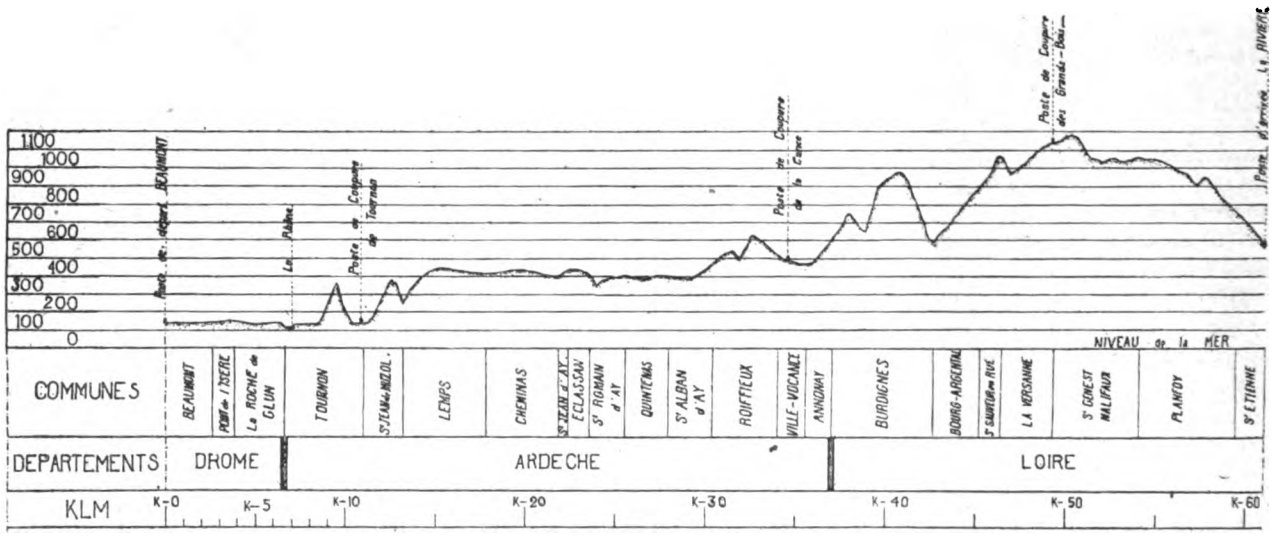


Fig. 1. — Profil en long de la ligne de la Basse-Isère (tronçon Usine à Saint-Etienne).

Rapport des échelles $\frac{\text{longueurs}}{\text{hauteurs}} = \frac{1}{10}$.

périodiques qui ne sont possibles qu'avec deux lignes complètement séparées.

D'autre part, au point de vue électrique, les lignes doubles posées sur les mêmes supports ont également un inconvénient. Il faut en effet disposer les deux circuits dans deux plans verticaux de part et d'autre des supports, afin d'éviter que la chute de l'un des câbles ne vienne paralyser l'ensemble de la transmission ; or, une telle disposition a pour résultat de créer des circuits complètement dyssymétriques, tant au point de vue des tensions que des intensités, et risque, par conséquent, de compromettre la sécurité du fonctionnement, surtout si les deux circuits doivent fonctionner d'une façon indépendante, ce qui est le cas pour la ligne de la Basse-Isère.

III. **Tracé et profil en long**. — Le profil en long, extrêmement accidenté est représenté par les figures 1 et 2.

A son origine à Beaumont-Monteux la ligne est à la cote 135,82 au-dessus du niveau de la mer, elle traverse le Rhône aux cotes 116,62 et 119,40 et pénètre dans le département de l'Ardèche où, après avoir traversé plusieurs ravins, elle monte à la cote 691,10 sur le territoire de la commune d'Annonay. Dans le département de la Loire, après plusieurs vallonnements entre 450 m et 1 000 m d'altitude, elle monte à son point culminant qui est à 1 168,28 m sur la commune de Saint-Genest-Malifaux pour descendre ensuite régulièrement jusqu'à Saint-Etienne où elle arrive au poste de la Rivière à la cote 570 m. Le tronçon de Saint-Etienne à Saint-Chamond traverse également plusieurs ravins ; son altitude maximum est 747,30 m.

Le tracé représenté par la figure 3, a été établi le plus direct possible tout en cherchant à éviter les agglomérations et à diminuer le nombre des angles.

La ligne est double depuis Baumont-Monteux jusqu'à Saint-Etienne, au poste de La Rivière de la Compa-

Digitized by Google

gnie électrique de la Loire et du Centre 120 000/30 000 v, et elle est simple de Saint-Etienne à Saint-Chamond, où elle aboutit au poste des Aciéries de la Marine transformant également le courant à 30 000 v.

La ligne traverse la voie du chemin de fer de Paris à Marseille au point kilométrique 604,002, le Rhône au point kilométrique 95,5 à partir de Lyon, la ligne du chemin de fer de Lyon à Nimes au point kilométrique 603,417, la ligne du chemin de fer à voie étroite de Tournon à Lamastre à Saint-Epine (Ardèche) et la ligne du chemin de fer de Firminy à Annonay au point kilométrique 46,387.

Elle traverse également un certain nombre de lignes haute tension : celles de la Société immobilière du Vercors sur le chemin vicinal n° 1 de Tournon et sur la route départementale n° 12 de Tournon à Lamastre, les lignes de la Société générale de Force et Lumière sur la route départementale de Saint-Sauveur à Bourg-Argental et les lignes à 60 000 v de la Compagnie électrique de la Loire et du Centre entre Saint-Etienne et Saint-Chamond.

Elle traverse en outre neuf routes nationales ou départementales.

Sur le parcours se trouvent de nombreux terrains

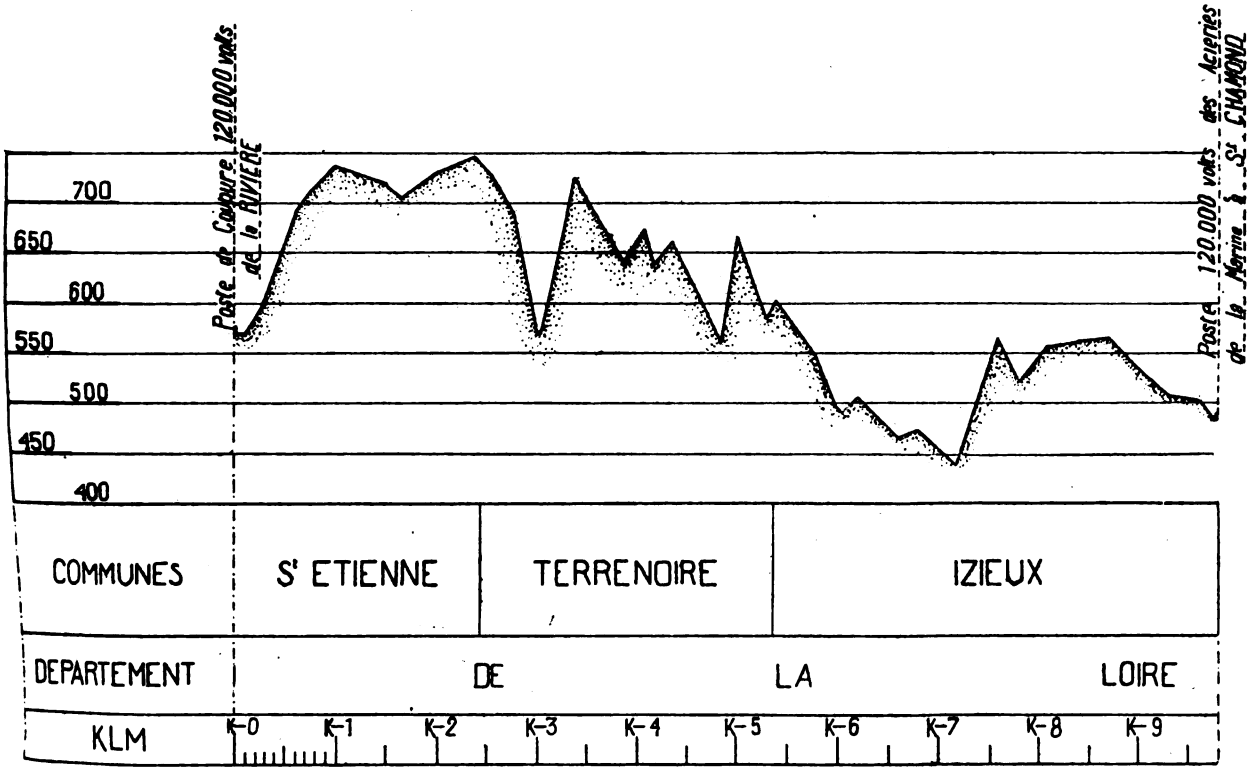


Fig. 2. — Profil en long de la ligne de la Basse-Isère (tronçon Saint-Etienne à Saint-Chamond).

Rapport des échelles $\frac{\text{longueurs}}{\text{hauteurs}} = \frac{1}{10}$.

boisés, qui sont souvent de véritables forêts dont la plus importante est celle du Grand Bois sur la commune de Saint-Genest-Malifaux, traversée sur 3 500 m. Suivant que la ligne était double ou simple, on a dû faire le déboisement sur 45 m de largeur ou sur 20 m, de façon à éviter tout contact entre les branches et les conducteurs et à diminuer le plus possible les accidents causés par la chute d'arbres sur la ligne, même dans le cas de coupe à proximité.

IV. **Supports.** — On a employé pour cette transmission d'énergie des pylônes d'un modèle entièrement nouveau, que nous avons étudié spécialement et qui fait l'objet d'un brevet de la Société générale d'Entreprise. Ce type répond, de la manière la plus heureuse aux desiderata relatifs à l'établissement des lignes à très haute tension. Il est caractérisé par la possibilité d'y monter les conducteurs en triangle équilatéral, disposition la plus favorable au double point de vue électrique et mécanique.

Au point de vue électrique cette disposition donne aux conducteurs une symétrie absolue qui entraîne les mêmes tensions et les mêmes intensités sur chaque conducteur, ce qui est une des conditions des plus importantes pour assurer la sécurité du fonctionnement d'une transmission à très haute tension et a pour effet de diminuer les surtensions dans des proportions notables.

Ce montage des lignes élimine presque complètement les perturbations dans les circuits téléphoniques

Digitized by Google

Fig. 1. — La ligne de transmission d'énergie à 110 000 v de la Basse-Isère.

Digitized by Google

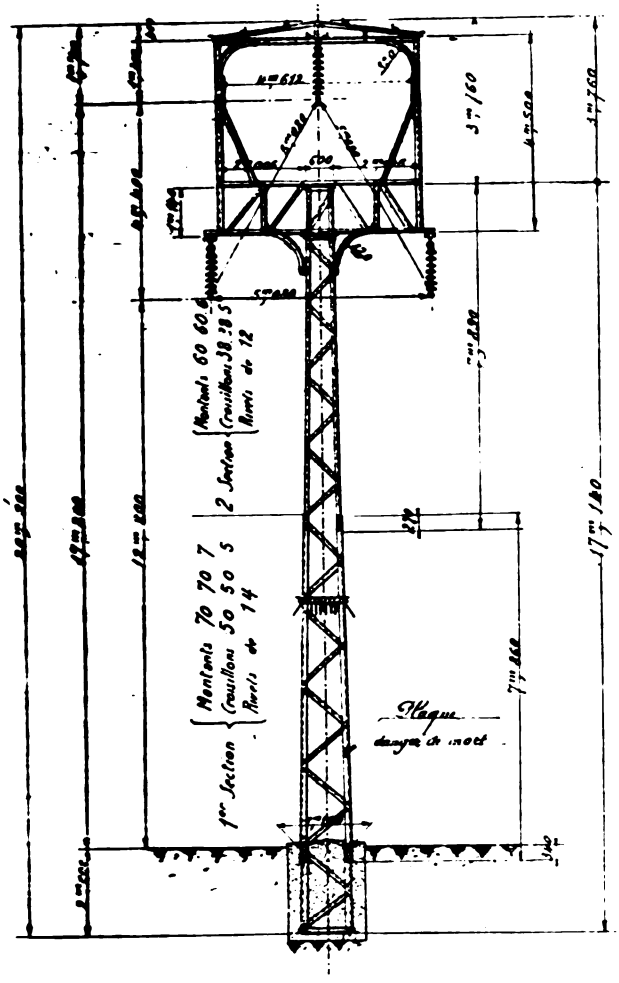


Fig. 4. — Dessin du pylône d'alignement.

et télégraphiques se trouvant dans le voisinage.

Au point de vue mécanique ce pylône présente les avantages suivants :

1° Il réduit à sa plus faible valeur le moment fléchissant maximum à la base, comparativement à tous les autres supports ayant un conducteur d'un côté et les deux autres du côté opposé, d'où résulte une économie sur le métal du pylône et sur les bétons de fondations ;

2° Les trois conducteurs se trouvent dans trois plans verticaux largement espacés, 2,54 m dans le cas présent, ce qui évite les court-circuits en cas de coup de fouet comme il s'en produit sur les autres lignes en temps de neige ou de givre au moment où la surcharge des câbles tombe brusquement.

La construction est un peu différente suivant qu'il s'agit d'un pylône d'alignement et de semi-arrêt, d'un pylône d'amarrage normal ou d'un pylône d'amarrage pour zone à verglas intense.

Pylône d'alignement. — Il est formé d'un fût supportant le cadre sur lequel viennent se fixer les conducteurs et le câble de terre (fig. 4 et 5).

Au niveau du sol le fût forme un carré de 1,10 m de côté ; au sommet, c'est un carré de 0,60 de côté. La hauteur totale est de 17,14 m dont 2 m pénètrent dans le sol. Afin d'en permettre un transport plus facile, on l'a constitué par trois tronçons comportant la partie dans le sol, la partie inférieure, la partie supérieure et dont les hauteurs respectives sont 2 m, 7,52 m et 7,52 m.

Le cadre supérieur se compose d'abord d'une poutre horizontale de 1,20 m de hauteur solidement fixée à l'intérieur du fût et recevant, à ses extrémités, les isolateurs inférieurs. Le point d'attache de ces isolateurs se trouve ainsi à 14 m au-dessus du sol. Cette première poutre en supporte deux autres verticales, contreventées et réunies à leur partie supérieure par une dernière poutre en forme de fermette. Le sommet de celle-ci, qui se trouve dans l'axe du pylône, reçoit le troisième isolateur. Le cadre ainsi formé a 4,40 m sur 3,10 m. Le câble de terre est fixé à l'extrémité d'une des poutres verticales au moyen d'une pince boulonnée.

Le poids total d'un support d'alignement est de 1 360 kg.

Les pylônes d'alignement ont été calculés pour supporter les efforts dus à un angle de 13° et une surélévation de 3 m sans dépasser le taux maximum de travail autorisé par les circulaires ministérielles.

Pylône de semi-arrêt. — Toutes les fois qu'un pylône d'alignement se trouve dans un bas-fond il se produit une résultante verticale dirigée vers le haut, qui risque,

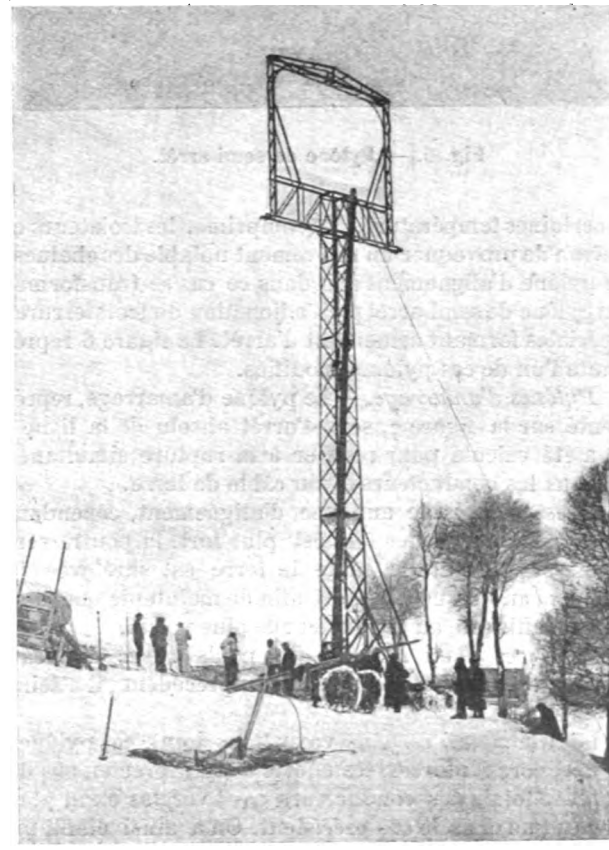


Fig. 5. — Un pylône d'alignement en cours de montage.

Digitized by Google

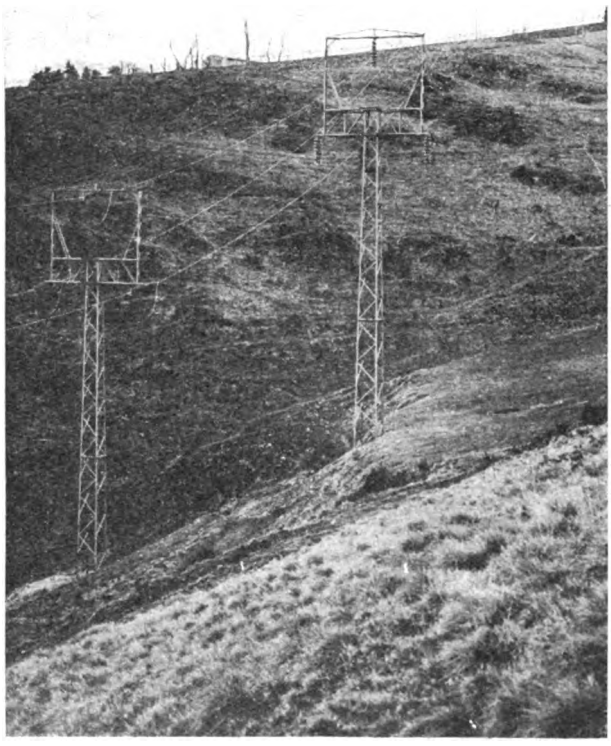


Fig. 6. — Pylône de semi-arrêt.

à certaines températures, de comprimer les isolateurs et même de provoquer un relèvement notable des chaînes; le pylône d'alignement doit dans ce cas se transformer en pylône de semi-arrêt par l'adjonction de trois ferrures spéciales formant armement d'arrêt. La figure 6 représente l'un de ces pylônes modifiés.

Pylônes d'amarrage. — Le pylône d'amarrage, représenté sur la figure 7, sert d'arrêt absolu de la ligne ; il a été calculé pour résister à la rupture simultanée de tous les conducteurs et du câble de terre.

Il est semblable au type d'alignement, cependant l'échantillonnage des fers est plus fort, la poutre verticale supportant le câble de terre est surélevée de 0,800 m au-dessus du cadre afin de maintenir une distance suffisante au conducteur le plus voisin.

Pour ces deux raisons, le poids de ce nouveau pylône est plus élevé que celui du précédent, il atteint 2 185 kg.

Pour la *zone à verglas* (voyez plus loin), ces pylônes sont encore renforcés, les efforts à équilibrer en cas de rupture totale des conducteurs avec verglas étant plus élevés que dans le cas précédent. On a ainsi établi un type spécial de pylône d'amarrage (fig. 8), dont les membrures sont composées de deux cornières de 75 mm × 75 mm × 8 mm en croix, présentant une section à moment d'inertie constant ; le poids total de ce pylône est de 3 205 kg.

Chacun des pylônes de ces trois types est muni d'un hérisson de défense. Les trous pour plaque « Danger de mort » et pour prise de terre sont prévus sur deux faces opposées.

Modifications pour les diverses traversées. — Dans les traversées de chemin de fer à profil normal, on a employé le pylône d'amarrage normal quelquefois surélevé et une poutre spéciale, posée en avancement, a permis de réaliser le dispositif de protection en cas de rupture des conducteurs, dispositif qui est imposé par les règlements actuels.

Dans les croisements des lignes téléphoniques ou de lignes haute tension, la même poutre spéciale a été installée sur les pylônes d'alignement. La figure 9 représente deux traversées successives, celle d'une ligne téléphonique, et celle d'une voie de chemin de fer.

Pylônes pour la traversée du Rhône. — La traversée du Rhône a été exécutée avec des supports d'un type spécial.

La portée de 245 m ainsi que les règlements de la navigation, qui exigeaient que le point le plus bas des conducteurs soit à 14 m au-dessus des plus hautes eaux navigables (cote d'altitude 115,55), ont nécessité la pose de supports très importants.

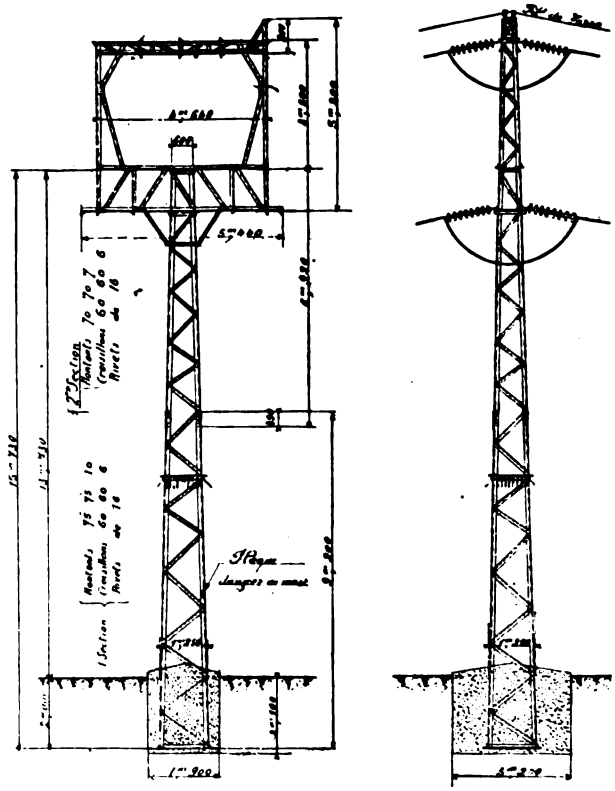


Fig. 7. — Dessin d'un Pylône d'amarrage.

Digitized by Google

Pour réduire la hauteur de ces pylônes, les conducteurs ont été disposés en une nappe horizontale, ainsi qu'on le voit sur les figures 10 et 11.

Ces supports ont, à la base, 4,598 m × 3,800 m ; leur largeur, dans le sens perpendiculaire aux câbles est constante et égale à 4,598 m. Au contraire, ils ont une forme tronconique dans le sens des câbles.

Les conducteurs d'énergie sont amarrés à 24 m au-dessus du sol ; quant au câble de terre, il est fixé par une disposition spéciale de la charpente à 2 m au-dessus des conducteurs.

Une échelle de service n'atteignant pas le sol permet d'accéder à la partie supérieure.

Tous les pylônes de la traversée ont été rivés sur place, leur transport, entièrement montés, étant impossible; le poids de chaque pylône est, en effet, de 8500 kg.

Les massifs de fondation sont munis chacun d'un éperon destiné à assurer la protection de l'ouvrage en temps de crue. Leur crête dépasse de 0,200 m le niveau des plus fortes inondations qui aient été enregistrées à ce jour (crue de 1856 : cote 118); enfin, ces massifs de fondation ont été très largement calculés en tenant compte des sous-pressions.

La traversée du chemin de fer P.-L.-M., de Firminy à Annonay au kilomètre 46,387 nécessitait également des supports très élevés à cause de l'allure du profil du terrain; on a utilisé pour cette traversée le même type de pylône que celui de la traversée du Rhône.

V. **Isolateurs.** — Il est indispensable, pour la tension de 120 000 v, d'avoir recours au type d'isolateur à chaîne.

Le choix du type d'isolateur est une question fort délicate, tous les types existants à ce jour ont donné lieu à critiques et les certitudes de longue durée ne sont pas encore formelles.

On a publié de nombreuses considérations sur le vieillissement des isolateurs dont les causes sont très discutées et sur la répartition du potentiel le long de la chaîne dont les résultats d'essais sont très peu concordants ; les uns ont trouvé que l'isolateur le plus voisin du conducteur a une contrainte de 55 pour 100 de la tension totale, d'autres n'ont trouvé que 18 pour 100 pour cette même contrainte à sec. Les essais méticuleux faits par la Société générale d'Entreprises dans les meilleures conditions d'installation et de précision ont démontré que cette contrainte est de l'ordre de 25 pour 100 à sec, sous la tension réelle de service.

Après une étude approfondie de la question, le choix s'est porté sur le type « Hewlett » qui a les avantages d'avoir une résistance à la rupture très élevée (6000 kg), d'éviter tout scellement et surtout d'empêcher que, en cas de rupture d'un isolateur, la ligne ne tombe à terre et paralyse le service.

Nous avons estimé, d'autre part, que le veillissement des isolateurs doit être, pour une bonne porcelaine, une destruction lente d'ordre mécanique, dont les causes principales sont les grandes portées et les tensions de pose trop fortes des conducteurs; cette considération nous a guidés dans le choix de la portée, ainsi qu'on le verra plus loin.

Ces isolateurs ont été commandés à la General Electric Company, à cause de la difficulté de s'approvisionner en France à ce moment.

Suivant les cas, on a employé 4 types de chaîne d'isolateurs :

La chaîne simple à 7 éléments pour le pylône d'alignement ; la chaîne double à suspension de 7 ou de 8 éléments, suivant le profil du terrain, pour les traversées des lignes téléphoniques et des lignes à haute tension ; la chaîne d'amarrage simple à 8 éléments ; la chaîne d'amarrage double constituée par deux chaînes de 8 éléments solidaires l'une de l'autre par l'intermédiaire de palonniers métalliques appropriés. Ce dernier dispositif n'a d'ailleurs été employé que pour la traversée du Rhône.

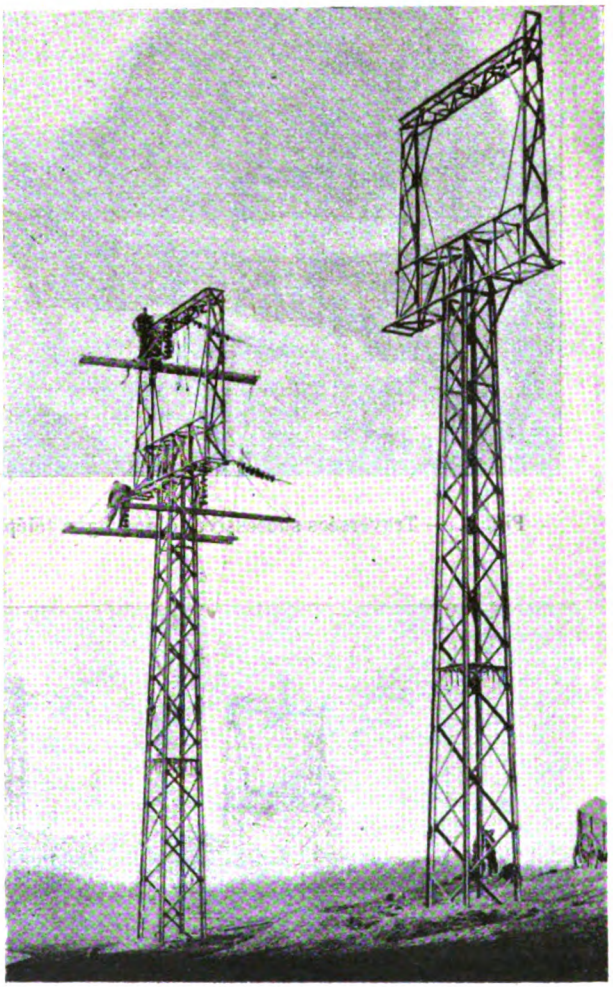


Fig. 8. — Pylône renforcé utilisé dans la région de verglas intense.

Les figures 12, 13 et 14 représentent ces divers types de chaînes utilisées.

29 l

Digitized by Google

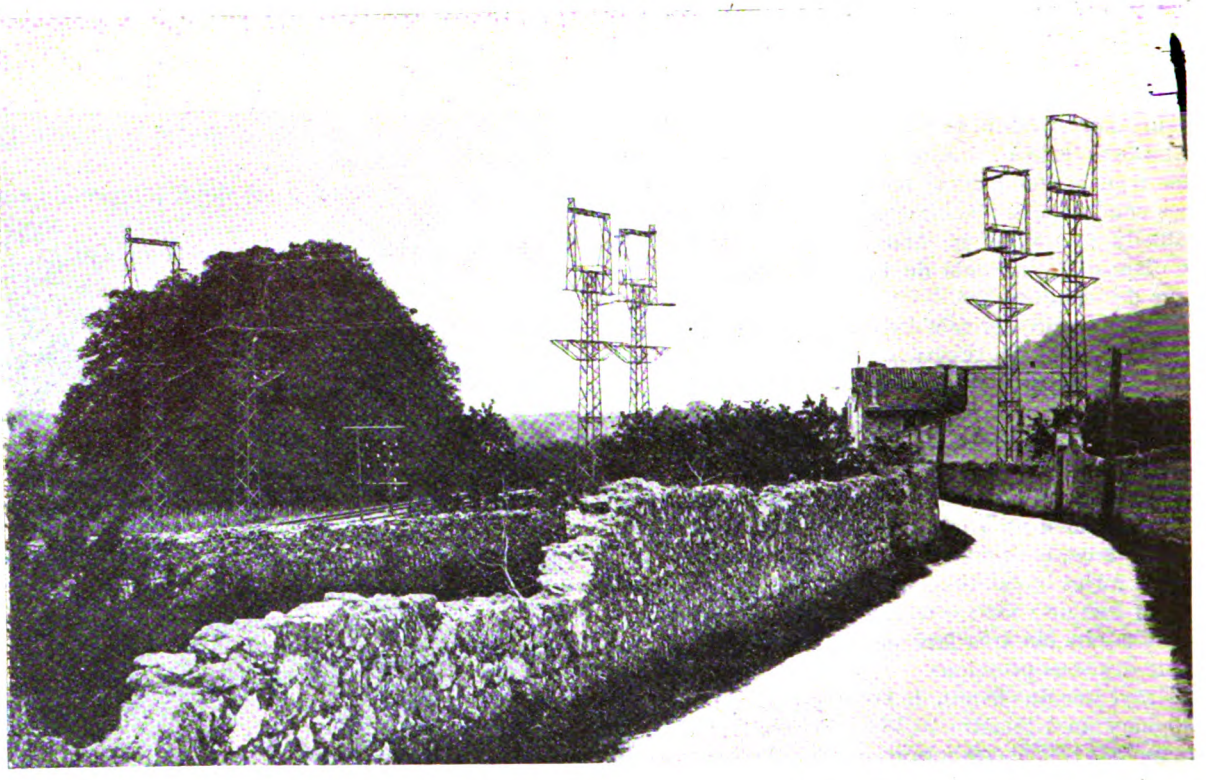


Fig. 9. — Traversées successives d'une ligne téléphonique et de la voie de chemin de fer de Lyon à Nimes.

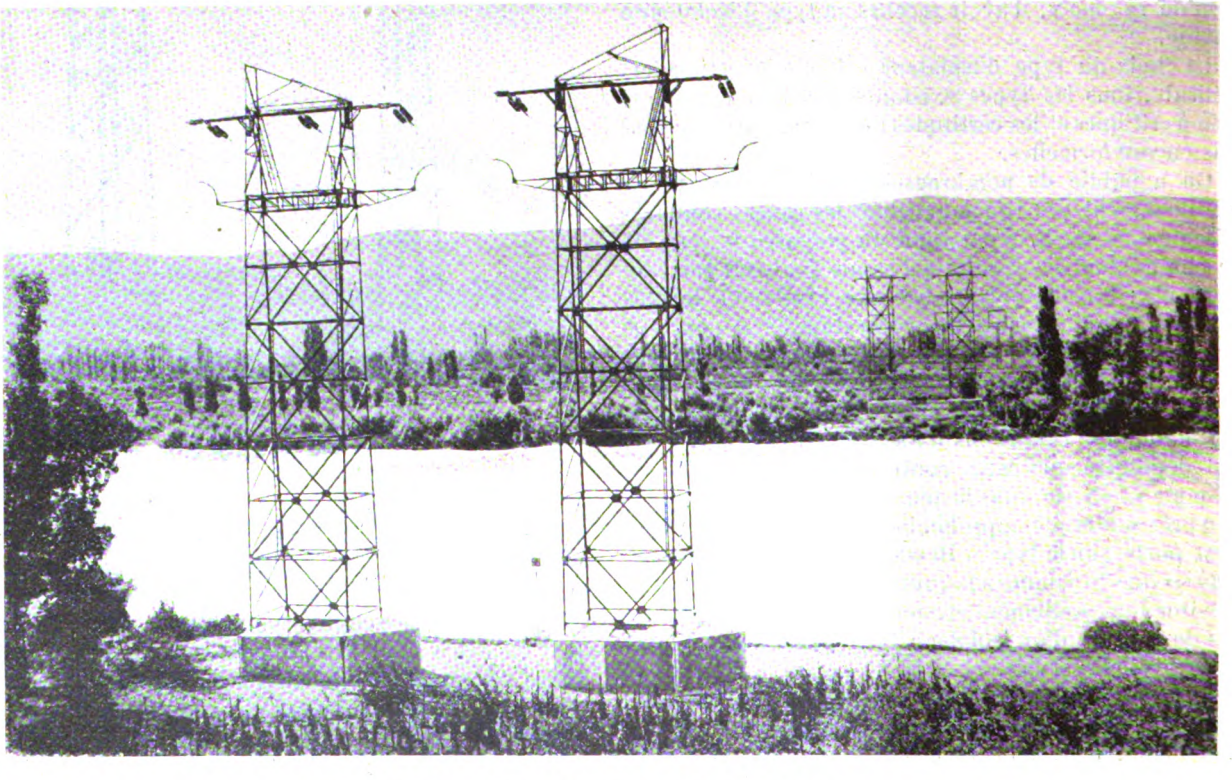


Fig. 10. — Vue de la traversée du Rhône.

Digitized by Google

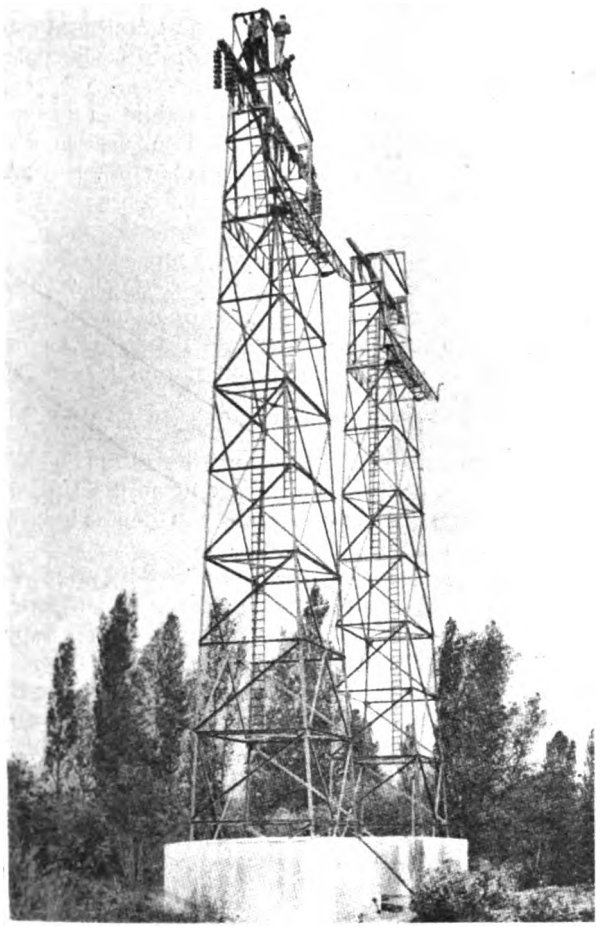


Fig. 11. — Vue de profil des pylônes de la traversée du Rhône.

Les câbles sont fixés aux chaines par des pinces spéciales calibrées pour leur section. Au moment de la fixation définitive des conducteurs, on a intercalé une feuille d'aluminium de 15/10 mm d'épaisseur entre la pince et le conducteur afin d'éviter que le câble soit endommagé pendant le serrage; des essais répétés de serrage énergique ont montré que les conducteurs ainsi fixés n'ont nullement souffert.

VI. **Câbles**. — Le câble en aluminium avec âme d'acier galvanisé a été employé de préférence aux câbles en cuivre, aussi bien par raison d'économie que du fait qu'il présente à égale conductibilité un plus grand diamètre que le câble en cuivre; la tension d'apparition d'effluves croit, en effet, rapidement avec le diamètre du câble.

Les conditions d'établissement et les influences climatériques nous ont amené à diviser la ligne en deux zones : la zone normale et la zone à verglas intense.

Dans la zone normale, le câble d'aluminium-acier est composé de 7 fils de 4,31 mm, son diamètre total est 13 mm et sa section 102,6 mm²; son poids par kilomètre est 364 kg. La charge de rupture d'un tel câble est 2700 kg et la charge correspondant à la limite d'élasticité, 1470 kg; ceci correspond à une tension de 9,7 kg : mm² pour un coefficient de sécurité égal à 3 et à une tension de 5,9 kg : mm² lorsque ce coefficient est de 5. Enfin, on a trouvé comme coefficient d'élasticité 127.10^{-6}; 3,55 g : cm³ comme poids spécifique et $18{,}2\ 10^{-6}$ pour le coefficient de dilatation linéaire.

Dans la zone à verglas intense, la section des câbles a été augmentée par suite de considérations d'ordre mécaniques. Il existe, en effet, sur le parcours de la ligne une zone spéciale à proximité du point culminant (Grand Bois), où l'exposition particulière des vallées, ainsi que l'étendue considérable des forêts tapissant les flancs du mont Pilat, favorisent l'établissement d'abondantes précipitations atmosphériques. En hiver, des brouillards excessivement intenses provoquent un verglas d'une considérable épaisseur. De différentes observations réparties sur de nombreuses années, on pouvait conclure que le givre était capable de former autour d'un câble un manchon de 10 cm de diamètre.

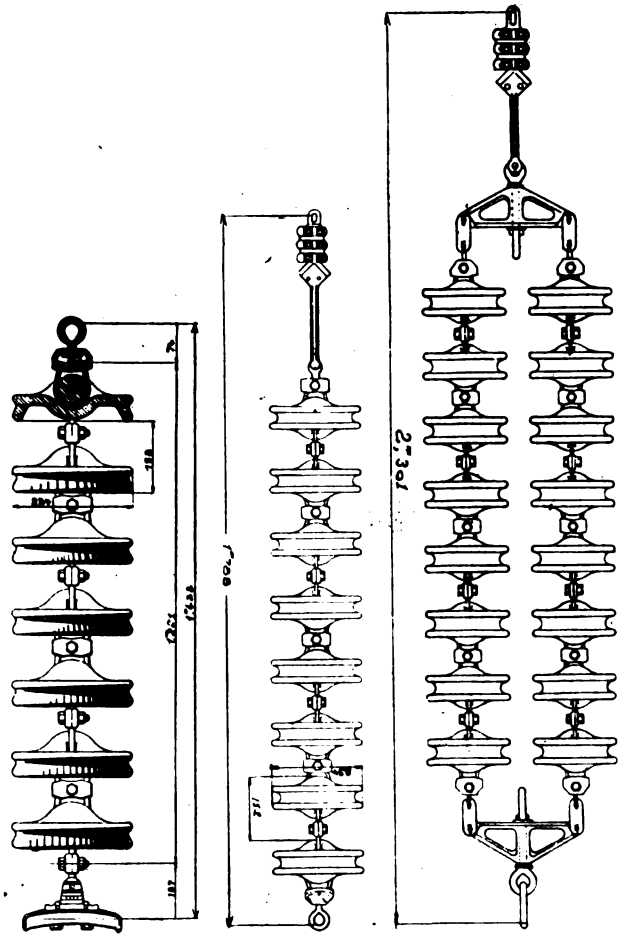


Fig. 12. Chaine d'isolateur à 7 éléments employée pour les pylônes en alignement. — Fig. 13. Chaines d'amarrage à 8 éléments. — Fig. 14. Chaine double d'isolateurs utilisée pour la traversée du Rhône.

Digitized by Google

Ce chiffre fut donc admis pour les calculs de cette partie de la ligne; aussi, pour éviter de dépasser les coefficients d'élasticité des câbles, on fut conduit à adopter un câble d'aluminium-acier de 148 mm² de

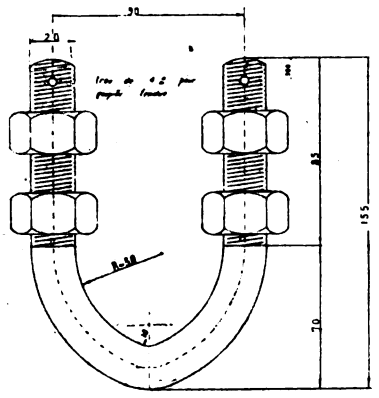


Fig. 15. — Ferrure de suspension.

section avec des portées de 80 m seulement et une flèche de 4,50 m à 45° C.

Le câble employé est formé de 37 brins de 2,26 mm², son diamètre total est 15,8 mm et son poids au kilomètre est 570 kg. Les autres caractéristiques sont : charge de rupture, 4250 kg; charge correspondant à la limite d'élasticité, 2350 kg; son coefficient d'élasticité est 115.10^{-6} et son poids spécifique, 385.10^{-5}; il présente un coefficient de dilatation linéaire égal à $17{,}25\ 10^{-6}$. Sa tension est de 10,7 kg : mm² pour un coefficient de sécurité égal à 3 et de 6,4 kg : mm² pour un coefficient égal à 5.

Les câbles d'aluminium-acier sont jonctionnés par des manchons Pairard (1), qui semblent réunir d'une façon parfaite les qualités mécaniques et électriques nécessaires.

Après étude de la tension critique d'apparition d'effluves en tenant compte de tous les éléments spéciaux d'établissement du transport, on a décidé de disposer les conducteurs suivant un triangle équilatéral de 5,08 m de côté. Dans ces conditions, en supposant une oscillation de 45° aux isolateurs (chiffre très élevé), la distance d'une phase à la masse reste encore de 1,60 m.

Pour la traversée du Rhône, on a aussi employé du câble d'aluminium-acier de 148 mm² qui se trouve bien adapté aux conditions spéciales de cette traversée.

Sur chaque ligne se trouve un câble de terre en acier galvanisé de 50 mm² de section. Pour les mêmes raisons que précédemment, on décida que, dans la région normale, sa charge de rupture adoptée serait par millimètre carré, de 120 kg et de 170 kg dans la région à verglas intense.

Les jonctions des câbles de terre sont également établies par des manchons spéciaux Pairard étudiés pour les résistances précédentes imposées.

La ferrure de suspension a été établie en un type unique représenté par la figure 15. Pour augmenter la sécurité, une goupille est placée à la partie supérieure de chaque branche.

La fixation du câble de terre à la partie supérieure des supports est réalisée par une pince spéciale en fonte, représentée sur la figure 16. Cette pince, d'un poids de 2,500 kg, est fixée au support par un seul boulon goupillé qui, tout en permettant d'avoir un certain déplacement dans un plan horizontal, assure un serrage énergique du câble.

VII. **Portées.** — Les exploitants des réseaux d'Italie sont unanimes pour recommander de ne pas dépasser 80 m de portée dans les régions où se dépose le givre et 120 à 150 m en ligne normale.

Ils sont absolument convaincus que la principale cause du veillissement est due à la trop grande portée des lignes; ils basent leur conviction sur les expériences réalisées dans leurs exploitations.

Il nous a paru nécessaire de suivre les recommandations de ces techniciens et d'adopter des portées normales de 140 m et, dans la région à verglas intense, des portées de 80 m.

Cependant, afin de réaliser une expérience pratique, nous avons établi sur la ligne diverses grandes portées allant jusqu'à 220 m, ces endroits devant être surveillées plus spécialement.

Nous signalerons simplement que la liaison téléphonique entre l'usine de Beaumont-Monteux, le poste de La Rivière et celui de Saint-Chamond a été prévue par l'installation de postes de téléphonie à haute fréquence du système Marius Latour. Un poste portatif du même système est également prévu pour permettre la liaison

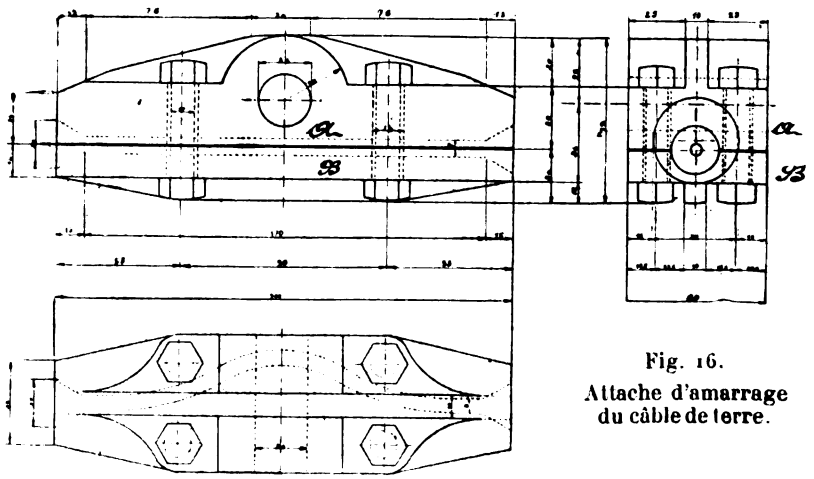


Fig. 16.
Attache d'amarrage du câble de terre.

(1) *R. G. E.*, 19 novembre 1921, t. x, p. 730-731.

Digitized by Google

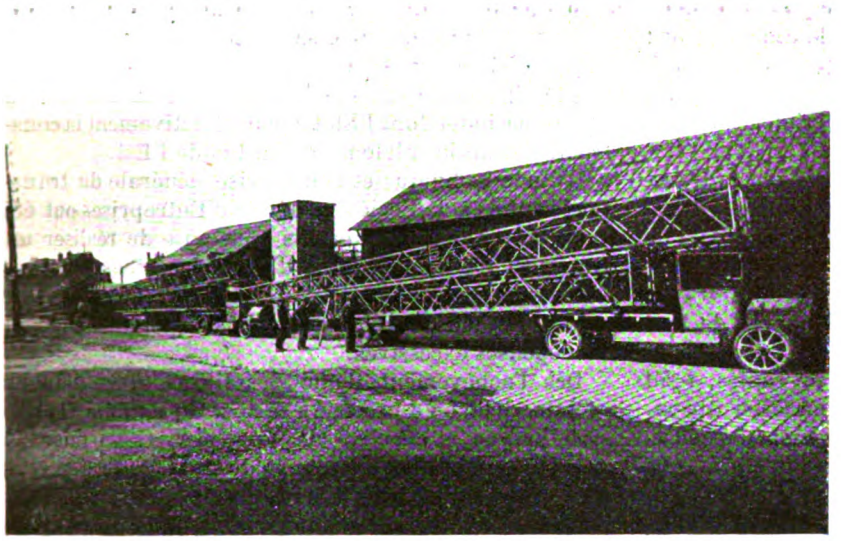


Fig. 17. — Transport de pylônes par automobiles.

des équipes de visite ou de réparation des lignes avec l'usine et les postes.

VIII. **Postes de coupure.** — Sur l'ensemble du parcours de la ligne on a prévu quatre postes de sectionnement ; ce sont ceux de Tournon, de la Cance, du Grand-Bois et de La Rivière (Saint-Etienne).

Ces postes de sectionnement ont pour but de permettre d'isoler un tronçon d'une des lignes pour réparer une avarie en mettant le reste des lignes en parallèle de façon à assurer, même dans ce cas, la fourniture du courant aux deux usagers dans des bonnes conditions.

Le montage de ces postes permet en outre de remplacer un fil quelconque d'une ligne par un fil quelconque de l'autre de façon que, même en cas d'accident sur les deux lignes, il soit possible de constituer un circuit triphasé en combinant les conducteurs se trouvant sur ces deux lignes.

A chaque poste de coupure les lignes font entre l'entrée et la sortie une rotation sur elles-mêmes c'est-à-dire que la ligne de gauche passe à droite et la ligne de droite passe à gauche.

Aux entrées et sorties des postes de coupure les fils font également une rotation de position sur les pylônes de façon à équilibrer l'influence du sol sur tous les conducteurs.

Ce dispositif nécessite une précaution spéciale dans le numérotage des pylônes. Afin d'éviter toute erreur, on a admis que la ligne n° 1 ne comporte que des numéros impairs et la ligne n° 2 des numéros pairs. Donc malgré les différentes positions qu'occupent les lignes par rapport aux postes de coupure, il ne peut y avoir de confusion en exploitation.

Ces ouvrages de sectionnement sont entièrement construits en ciment armé. Ils servent également d'entrepôts pour le matériel de réparation de la ligne.

Une poutre spéciale en ciment armé, formant ceinture du poste, est prévue pour amarrer les câbles sur les quatres faces à la même hauteur de 9,825 m au-dessus du sol.

A l'intérieur, ces postes ont 7,75 m sur 12,15 m ; une plateforme de 4,70 m × 4,70 m située à 6,50 m au-dessus du sol sert de plancher de manœuvre pour l'établissement des connexions mobiles de couplage des câbles en cas d'accident sur une partie de la ligne. Une passerelle faisant le tour du poste (toujours intérieurement) permet de manœuvrer les sectionneurs sur les quatre faces, ces appareils se trouvant sur tous les câbles pénétrant dans le poste.

Le poste de coupure installé à La Rivière (Saint-Etienne) est plus spécial ; il aura à remplir d'autres rôles et fera l'objet d'une description en même temps que le poste de transformation de la Compagnie électrique de la Loire et du Centre installé à côté du poste de coupure.

IX. **Transports et approvisionnements.** — La seule ligne de chemin de fer qui se trouve à proximité du parcours de la ligne de la Basse-Isère ne pouvait,

Fig. 18. — Le transport du personnel nécessité par l'importance des travaux.

Digitized by Google

pour des raisons multiples, être utilisée pour transporter le matériel important nécessité par la construction ; aussi la Société générale d'Entreprises a-t-elle été obligée d'assurer par ses propres moyens tous les transports de ce matériel considérable, dans une région accidentée et difficile.

Les figures 17 et 18 qui représentent l'une le transport de pylônes, l'autre celui du personnel sont destinées à montrer l'importance de cette question. Afin de donner une idée des difficultés qui ont dû être surmontées, remarquons qu'il a fallu transporter, sur tous terrains et souvent dans des ravins dépourvus de tout chemin, environ 1900 t de charpentes, 13000 t de chaux, ciment, sable et gravier, 300 t de câbles, 175 t d'isolateurs et accessoires et 100 t de matériel divers. On doit ajouter à cela les approvisionnements d'eau et tout l'outillage nécessaire pour les divers opérations de fouille, levage, bétonnage, etc. Le service du transport du personnel a lui-même présenté par moment de réelles difficultés ; il représentait, à la fin des travaux, environ 200000 tonnes-kilomètres.

X. **Conclusions.** — En entreprenant l'établissement de la ligne à 120000 v reliant l'usine de Beaumont-Monteux à Saint-Etienne et Saint-Chamond, la Société l'Energie électrique de la Basse-Isère a commencé l'exécution du grand programme de construction de réseaux à 120000 v élaboré par la Compagnie électrique de la Loire et du Centre, conformément aux vues de l'Administration, afin de relier, entre eux et aux sources d'énergie dont elle dispose, les principaux centres de consommation. Cette réalisation constituera une source de prospérité pour les départements desservis et formera le premier élément, dans le Centre de la France, du réseau national dont l'Etat a poussé activement la construction dans les régions du Nord et de l'Est.

L'étude technique et l'entreprise générale du transport confiés à la Société générale d'Entreprises ont été suivies avec la préoccupation constante de réaliser un transport d'énergie équipé d'après les idées les plus modernes, présentant le maximum de sécurité et de continuité dans l'exploitation sans cependant engager de dépenses excessives.

Dès l'achèvement d'une des lignes, à la date du 26 juin 1922, on a procédé à sa mise en marche à la tension prévue et effective de 120000 v. Cette mise en marche entièrement couronnée de succès a eu lieu sans le moindre incident et la ligne livrée à l'exploitation a transmis de Beaumont-Monteux à Saint-Etienne sans interruption depuis le premier jour toute la puissance actuellement disponible aux bornes des machines de l'usine.

E. Duval,
Directeur des Services électriques de la Société générale d'Entreprises.

S. Boukspoun,
Ingénieur civil des Mines, directeur des Travaux à la Société générale d'Entreprises.

Le facteur de puissance et le rendement des moteurs asynchrones

En vue de guider l'acheteur dans le choix d'un moteur asynchrone, l'auteur examine au moyen d'un graphique l'influence respective du rendement et du facteur de puissance sur le coût de l'énergie, en prenant pour base le système de tarification adopté à Paris. Il montre que l'économie qu'on cherche à réaliser par l'emploi de moteurs à facteur de puissance élevé ne doit pas faire oublier qu'un haut rendement permet une économie beaucoup plus grande.

La question du facteur de puissance a fait couler des flots d'encre dans ces dernières années. Elle est, il est vrai, du plus haut intérêt pour les producteurs d'énergie, le facteur de puissance représentant exactement le coefficient d'utilisation des canalisations.

Seule, l'énergie wattée $w = UI \cos \varphi$, qui correspond réellement à la consommation du moteur, avait été tarifée jusqu'ici. Les secteurs, pour lesquels la distribution avec faible facteur de puissance entraine un rendement déplorable de l'exploitation, ont donc cherché les moyens d'obliger leurs abonnés à relever le facteur de puissance de leurs appareils.

Différents systèmes de tarifications ont été proposés, sur lesquels nous ne reviendrons pas. D'ailleurs, la plupart des secteurs de province ou de banlieue qui ont modifié leurs tarifs dans ce sens se sont inspirés du nouveau barème adopté par la Compagnie parisienne de Distribution d'Electricité. C'est donc à ce dernier barème que nous emprunterons les exemples qui vont suivre.

L'introduction de ces tarifs nouveaux, basés sur le facteur de puissance et d'ailleurs fort complexes, a ému à juste titre les nombreux abonnés qui ignoraient la signification et même l'existence de ce coefficient. Cette notion, nouvelle pour beaucoup, est venue brusquement accaparer l'attention et faire oublier un peu trop que le coût de l'énergie nécessaire pour produire une énergie utile donnée dépend avant tout du *rendement* des moteurs.

Les secteurs n'ont pas eu à s'occuper du rendement

Digitized by Google

des moteurs pour la simple raison que les compteurs installés chez les abonnés enregistrent, non pas la puissance utile, mais la puissance absorbée qui est d'autant plus élevée que le rendement est plus faible. Loin de nous la pensée que les secteurs aient jamais préconisé les moteurs à mauvais rendement, tout au moins n'ont-ils aucun motif pour les interdire.

La question du rendement intéresse donc uniquement l'abonné qui ne s'en préoccupe pas toujours suffisamment.

Nous avons voulu nous rendre compte de la manière dont ces deux coefficients, le rendement et le facteur de puissance, modifient le prix de revient de l'énergie pour l'abonné, en nous basant sur les tarifs de la Compagnie parisienne de Distribution d'Electricité.

Nous avons, tout d'abord, supposé le rendement des moteurs égal à l'unité et nous avons cherché le prix du kilowatt-heure en faisant varier les différents facteurs prévus par le tarif.

Nous avons adopté pour valeur de la tonne de charbon celle qui a été fixée au dernier trimestre, soit 115 fr.

La majoration sur les salaires a été prise à la valeur actuelle de 0,04 fr pour la haute tension et de 0,07 fr pour la basse tension.

Nous avons établi 2 sortes de courbes : les unes pour les installations sur basse tension, les autres pour les installations sur haute tension.

Enfin, dans chacun de ces 2 cas, nous avons tracé une courbe pour chaque valeur de la durée d'utilisation horaire annuelle, c'est-à-dire du rapport

$$\frac{\text{consommation annuelle, en kilowatt-heures}}{\text{puissance souscrite, en kilovolts-ampères} \times 0{,}8}.$$

Les courbes ont été disposées sur la partie gauche du diagramme, les prix étant pris pour ordonnées et les facteurs de puissance, pour abscisses.

Pour tenir compte du rendement, nous avons ensuite reproduit, à droite de la figure, l'échelle des prix en abscisses et nous avons tracé une série de droites telles que : $x = \frac{y}{\eta}$, η étant une valeur donnée du rendement, y, le prix du kilowatt-heure pour $\eta = 1$ et x, le prix du kilowatt-heure pour des valeurs quelconques de η.

La simple inspection de ces courbes montre que, pour une durée d'utilisation horaire donnée, la variation du prix de l'énergie résultant d'une baisse sur le rendement est beaucoup plus importante que celle qui résulte d'une baisse équivalente sur le facteur de puissance.

Prenons par exemple le cas d'un abonnement de 10 à 24 kv-a en basse tension et fixons la consommation horaire à 1 000 heure (fig. 1).

Pour un moteur dont le facteur de puissance serait de 0,95 à 1 et le rendement de 0,70 on paierait le kilowatt-heure utile 0,616 fr.

Supposons maintenant que le facteur de puissance de ce moteur ne soit que 0,70 et le rendement, 0,95 ; le prix du kilowatt-heure utile ne sera plus que 0,492 fr soit 80 pour 100 du prix ci-dessus.

Le coefficient angulaire des courbes diminuant avec la durée d'utilisation horaire, il est facile de voir que l'écart de prix croîtra lorsque la durée d'utilisation horaire diminuera. De même, il sera un peu moins élevé pour de longues durées d'utilisation.

En haute tension et dans les mêmes conditions que précédemment, le prix du kilowatt-heure sera de 0,44 fr dans le premier cas et de 0,335 fr dans le second, soit 76 pour 100 du premier prix.

On pourrait objecter que, lorsque le rendement augmente, à égalité de puissance utile, la durée d'utilisation horaire diminue. On peut être ainsi conduit à passer à la courbe voisine, ce qui augmente un peu le prix du kilowatt-heure utile.

Il est facile de vérifier que, même pour une variation du rendement aussi grande que celle que nous avons choisie dans l'exemple ci-dessus, le prix du kilowatt-heure reste à l'avantage du rendement élevé. On peut même détruire aisément cette objection : si, en effet, la consommation annuelle diminue par suite d'une amélioration du rendement, il y a intérêt à faire réduire la puissance souscrite. On se retrouve ainsi ramené à la même durée d'utilisation horaire dans les deux cas.

Quelle conclusion tirer de ces observations ?

La question du relèvement du facteur de puissance intéresse avant tout les distributeurs d'énergie. Elle intéresse évidemment aussi l'abonné qui peut réaliser un gain appréciable en utilisant des moteurs à facteur de puissance élevé ou en améliorant ce facteur de puissance au moyen de condensateurs.

La question du rendement intéresse directement et exclusivement l'abonné et, nous venons de le montrer, dans des proportions plus grandes encore que celle du facteur de puissance ; c'est elle qui doit, avant tout, guider l'acheteur dans le choix de ses moteurs.

Les deux qualités ne s'excluent pas, d'ailleurs ; un bon moteur doit les réunir, mais on peut très bien concevoir des moteurs à facteur de puissance élevé avec un rendement mauvais et nous avons voulu démontrer que le faible gain réalisé dans ce cas était compensé largement par une perte plus grande.

Deux cas sont à considérer :

1° L'installation existe. — Quelles mesures doit-on prendre pour réduire le coût de l'énergie ? Tout d'abord, on essaiera d'augmenter la durée d'utilisation horaire annuelle en réduisant la puissance souscrite. Il ne faut le faire qu'avec prudence et après avoir mesuré, au moyen d'un ampèremètre, l'intensité maximum du courant absorbé par l'installation. Soit i cette intensité. La puissance apparente souscrite sera :

En diphasé 220 v, $\frac{2 \times 220 \times i}{1\,000}$ kv-a ;

En monophasé 110 v, $\frac{110 \times i}{1\,000}$ kv-a ;

Et en monophasé 220 v, $\frac{220 \times i}{1\,000}$ kv-a.

Peut on améliorer le rendement de l'installation ? Le problème est ici plus délicat encore.

Digitized by Google

Bien des moteurs fonctionnent normalement à une charge très inférieure à la pleine charge. On pourrait croire qu'on obtiendra un rendement plus élevé en remplaçant ces moteurs par d'autres de puissances mieux appropriées, ce qui est souvent possible dans un atelier en procédant par permutations. Remarquons, cependant, que la plupart du temps le rendement est sensiblement constant entre la demi et la pleine charge, de sorte que le rendement à demi-charge d'un moteur est souvent plus élevé que le rendement à pleine charge d'un moteur de puissance moindre. Il ne faudra donc effectuer ces substitutions qu'après avoir vérifié le régime de charge de chaque moteur et comparé les courbes de rendement.

Il reste à examiner la question du facteur de puissance.

Si le rendement varie peu entre des limites de charge assez étendues, par contre le facteur de puissance peut

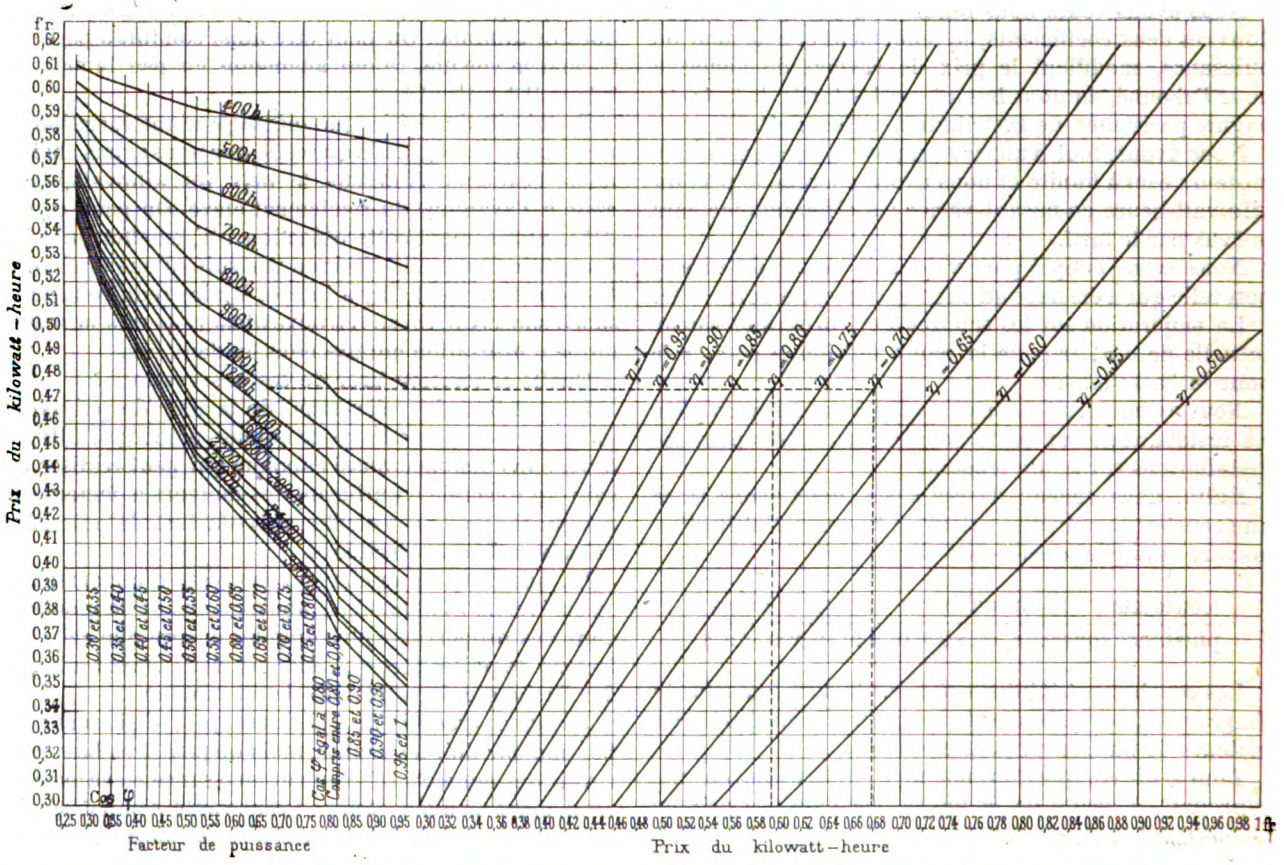


Fig. 1. — Diagrammes montrant l'influence du rendement des moteurs asynchrones sur le prix de revient de l'énergie électrique. Les prix indiqués sont ceux résultant du tarif de la Compagnie parisienne de Distribution d'Electricité du mois de mai 1922 pour la force motrice, basse tension. On considère un abonné de 10 A et 24 kv-A avec différentes durées d'utilisation annuelle définies par la relation : $\frac{\text{Consommation annuelle en kilowatts-heure}}{\text{Puissance souscrite en kilovolts-ampères} \times 0{,}80}$. Exemple de lecture du diagramme : Pour cos φ compris entre 0,65 et 0,70 et une durée d'utilisation de 1 000 heures, prix du kilowatt-heure 0,475 fr; avec un rendement : de 0,80, prix payé 0,594 fr ; de 0,70, prix payé 0,679.

baisser de 10 à 30 pour 100 entre la pleine et la demi-charge. Là où le remplacement d'un moteur par un autre plus faible n'apporte aucun gain au point de vue rendement, il peut y avoir intérêt néanmoins, au point de vue facteur de puissance, à effectuer ce remplacement.

Enfin, on pourra relever la valeur de ce facteur de puissance par l'addition de condensateurs aux bornes de chaque moteur. Connaissant, par les courbes ou par une mesure, la valeur de ce facteur de puissance à la charge minimum du moteur, il sera facile au moyen des diagrammes publiés dernièrement dans la « R. G. E. », (n° 16 du 22 octobre 1921) de déterminer la capacité nécessaire pour relever, à cette charge minimum, le facteur de puissance au-dessus de 0,8.

Il est évident que plus ce minimum se rapprochera de la puissance normale du moteur, plus le facteur de puissance sera élevé et moins, par conséquent, il faudra de capacité.

2° Il s'agit d'une installation à créer. — C'est surtout à ce dernier cas que peuvent s'appliquer les observations présentées au cours de cette étude.

Digitized by Google

Lorsqu'on aura le libre choix des moteurs, on devra tenir compte, tout d'abord, de leur rendement. Parmi les moteurs du plus haut rendement, on pourra ensuite choisir ceux dont le facteur de puissance est le plus élevé.

S'il s'agit d'une installation comprenant un certain nombre de moteurs, la puissance à souscrire sera souvent assez difficile à évaluer. Si l'on veut réaliser le minimum de dépense d'énergie, on devra contrôler toutes ces évaluations après la mise en route et lorsque les appareils fonctionneront à leur régime normal. On pourra alors apporter à l'installation les améliorations prévues au cas précédent.

M. TRAUTNER,
Ingénieur de la maison Legendre Fr.

Revues, analyses et informations

La transformation des courants triphasés en courant continu (1).

Les machines permettant la transformation industrielle du courant alternatif se classent en deux grandes catégories. D'une part, les machines tournantes comprenant trois groupes: commutatrices. convertisseurs en cascade, moteurs-générateurs synchrones ou asynchrones; d'autre part, les redresseurs. L'auteur étudie les propriétés caractéristiques de ces types de machines et se propose de déterminer, par l'étude des conditions diverses imposées dans les différentes applications, quel est le champ d'utilisation de chacun d'eux.

La transformation du courant a lieu directement dans l'induit de la commutatrice; le courant continu et la composante wattée du courant triphasé se retranchent dans les conducteurs de l'induit, d'où réduction des pertes et des dimensions. Dans le moteur-générateur l'énergie électrique est transformée d'abord en énergie mécanique, puis celle-ci en énergie électrique. Le convertisseur en cascade est intermédiaire, la transformation a lieu en partie directement et en partie par transformation en énergie mécanique. A ce point de vue la commutatrice, même en tenant compte de la présence nécessaire d'un transformateur du côté triphasé reste la machine la plus économique d'achat et d'emploi.

D'autres conditions particulières sont imposées dans la pratique industrielle :

Application au courant continu haute tension. — La tension d'une machine à courant continu est donnée par la relation

$$E = \frac{v\,\varepsilon}{\beta} \cdot \frac{50}{\gamma}\ \text{v.}$$

où v est la vitesse périphérique du collecteur en mètres par seconde; ε, la tension moyenne entre lames, en volts; β, le pas des lames du collecteur, en centimètres; γ, la fréquence du flux inducteur dans l'induit. γ est lié au nombre de pôles p et à la vitesse de rotation u (en tours par minute) par la relation

$$120\,\gamma = up.$$

Le facteur $\frac{v\,\varepsilon}{\beta}$ ne peut dépasser, dans l'état actuel de la technique, une certaine valeur. Pour une commutatrice, γ est donné, car il est égal à la fréquence du réseau d'alimentation. La tension continue est donc limitée à une valeur maximum qui est d'environ 1 200 v pour une fréquence de 50 p : s. Cette limite est plus élevée pour les moteurs-générateurs pour lesquels le coefficient γ peut être réduit en diminuant le nombre de pôles ou la vitesse; il en est de même pour le transformateur en cascade, en réduisant la fréquence dans l'induit.

Réglage étendu de la tension continue. — La valeur de la tension continue aux bornes d'une commutatrice est liée à celle de la tension triphasée. On peut obtenir un certain écart de réglage de trois façons : par variation de l'excitation provoquant dans les self-inductions du réseau triphasé une chute de tension due à la production de courant dé-watté ; par l'emploi d'un transformateur asynchrone sur le réseau triphasé; par l'emploi d'un survolteur du côté continu. Cet écart de réglage est pratiquement limité à $\pm$ 15 pour 100 environ par l'importance prise par les machines auxiliaires et les oscillations de l'induit Le transformateur en cascade permet également, par variation de l'excitation, un réglage de $\pm$ 15 pour 100; au delà, il nécessite l'emploi de bobines de self-induction ou d'un transformateur asynchrone auxiliaire et est aussi en infériorité devant le moteur-générateur dont la tension continue peut être réglée de 0 à 100 pour 100 par variation de l'excitation de la génératrice.

Production de courant déwatté. — Elle est possible avec la commutatrice mais entraine un accroissement rapide des pertes dans l'induit et supprime, si la valeur de la puissance déwattée à produire est fixée, la possibilité du réglage de la tension continue par variation de l'excitation. Le moteur-générateur synchrone est le plus avantageux à ce point de vue.

Stabilité sous charge variable. — L'emploi de machines synchrones n'est pas possible lorsque la charge du réseau continu est sujette à des à-coups importants. Le moteur générateur asynchrone avec volant convient seul alors.

Reversibilité. — Il y a lieu de protéger la commutatrice contre un emballement possible dans le cas où l'alimentation se fait du côté continu, soit par un interrupteur à force centrifuge, soit par l'emploi d'une excitatrice propre.

Division de la tension . — La distribution à courant continu à plusieurs fils ne présente pas de difficultés avec les transformateurs tournants des différents types, car il est toujours possible de déterminer leurs dimensions de la façon la plus avantageuse pour une application donnée; en particulier, des récents progrès dans la technique des commu-

(1) Fr. KADE et Ch. KRAMER. *E. T. Z.*, 26 janvier 1922, t. XLIII, p. 105-110, 7 000 mots, 12 fig.

Digitized by Google

tatrices ont permis de les construire pour les puissances les plus importantes requises, par exemple, pour l'industrie électrochimique.

Facilité de marche en parallèle. — La répartition des variations de charges doit se faire pour les différentes machines en parallèle proportionnellement à leur puissance respective. Cette condition est pratiquement satisfaite par les transformateurs tournants des différents types.

Encombrement — L'avantage à ce point de vue est, en général, en faveur de la commutatrice.

Absence de bruit

Le redresseur à vapeur de mercure est entré dans les applications industrielles en concurrence avec les transformateurs tournants lorsqu'il a pu être exécuté en unités métalliques de grande puissance allant jusqu'à 400 kw sous des tensions jusqu'à 1 200 v.

La propriété caractéristique du redresseur est la constance de son rendement sous une charge quelconque, La figure 1

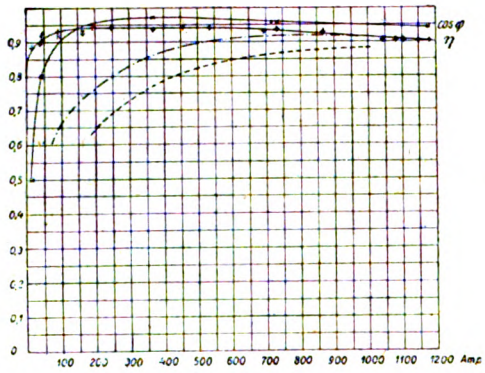


Fig. 1. — Rendement et facteur de puissance des différents types de convertisseurs.

—— Les courbes en trait continu représentent le rendement et le facteur de puissance d'un redresseur à vapeur de mercure, pertes dans le transformateur comprises : courant triphasé 5 000 v transformé en courant continu 550 v ;
_____ La courbe trait-point, le rendement d'une commutatrice ;
..... La courbe en trait ponctué, le rendement d'un groupe moteur synchrone-génératrice.

permet de comparer les rendements et facteurs de puissance des différents transformateurs tournants et du redresseur. Pour un réseau dont la charge moyenne est élevée, les rendements d'un redresseur et de la commutatrice correspondante sont sensiblement équivalents. Dès que la charge moyenne est sensiblement inférieure à la charge maximum, le redresseur devient supérieur à la commutatrice. C'est le cas des chemins de fer à courant continu à voie normale où le redresseur est appelé à supplanter la commutatrice et plus encore le moteur-générateur. — A. R.

Essais d'une bobine d'extinction des courts-circuits à la terre (1).

L'emploi des bobines d'extinction pour la protection des réseaux contre les court-circuits à la terre a donné lieu à des études théoriques nombreuses, mais il manquait des résultats d'expérience précis. La maison Brown, Boveri vient de faire à ce sujet, à la centrale de Gösgen, des essais ayant pour but : 1° de déterminer les limites d'emploi des bobines d'extinction ; 2° de fixer la valeur des surtensions qui entrent en jeu ; 3° de déterminer la tension aux bornes de la bobine en marche normale et principalement quand il y a résonance ; 4° de mesurer le courant à la terre pendant le fonctionnement ; 5° de rechercher les perturbations produites sur des canalisations indépendantes empruntant les mêmes supports que les lignes protégées.

Ce schéma de montage est donné par la figure 1. Le réseau à 50 000 v avait une longueur de 198 km dont 46 km de

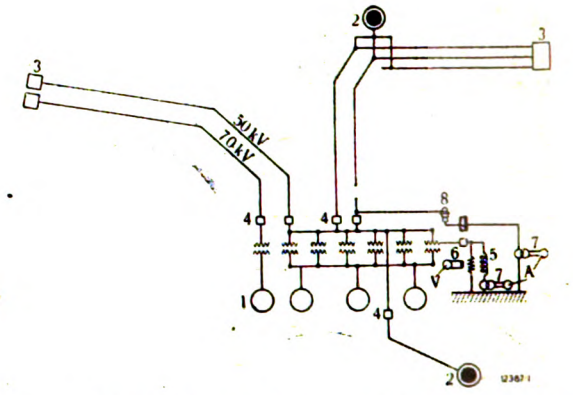


Fig. 1. — Schéma du montage : 1, générateur ; 2, centrale ; 3, sous-station ; 4, interrupteur ; 5, bobine d'extinction ; 6, transformateur de potentiel ; 7, transformateur d'intensité ; 8, isolateur pour les essais de mise à la terre.

ligne double. Une ligne à 70 000 v est installée sur les mêmes supports sur une distance de 40 km. Le courant de court-circuit à la terre du premier réseau est de 30,5 A.

1. Détermination de la capacité d'extinction. — Quand les trois phases d'un réseau n'ont pas la même capacité par rapport à la terre, on a entre le point neutre et la terre une certaine tension E_0. Si l'on branche entre ce point neutre et la terre une bobine d'extinction inductive, celle-ci forme, avec la capacité par rapport à la terre, un système oscillant qui peut être en résonance avec la fréquence du réseau. Il en résulte une augmentation de la tension par rapport à la terre de l'une des phases au moins et, par suite, des pertes plus élevées. Avec la bobine de dissonance de Jonas, ce phénomène est supprimé parce que l'inductance de la bobine est réglée de manière à éviter la résonance. Encore faut-il ne pas trop s'éloigner de la résonance si l'on veut que l'arc s'éteigne facilement. Soit J la valeur du courant de court-circuit qui se produirait en l'absence de tout dispositif de protection et J_d le courant qui traverse la bobine d'extinction lorsqu'elle est soumise à la tension entre phases, on entend par « dissonance » la différence.

$$s = J_d - J.$$

Ces expériences sont réalisées, comme l'indique le schéma, en faisant varier la réactance de la bobine au moyen de prises supplémentaires. On constate que, dans les cas où la dissonance est de + 7, — 3, — 6 ou — 10 A, l'arc s'éteint immédiatement avec un bruit sec et offre l'aspect d'un éclair. Pour — 10 A l'arc commence à s'élargir et à recouvrir l'isolateur ; pour — 14 A, l'arc ne s'éteint plus de

(1) A. Roth et G. Courvoisier. *Elektrotechnik und Maschinenbau*, 7 mai 1922, p. 223-224, 1, XL, 2000 mots, 5 fig.

Digitized by Google

lui-même : il est rejeté sur le côté de 1,50 m environ, ce qui, sur la ligne, aurait provoqué un court-circuit. On peut en conclure que la dissonance ne doit pas dépasser 10 A sur 30 A, soit 33 pour 100 dans ce cas particulier.

2. Détermination des surtensions mises en jeu. — On avait disposé des éclateurs à boules et des parafoudres à cornes réglés pour 1, 4 fois la tension entre phases. Ces appareils n'ont fonctionné dans aucun cas.

3. Résonance en fonctionnement normal. — La tension aux bornes de la bobine était mesurée comme le montre le schéma. La ligne à 70000 v étant débranchée, le réseau à 50000 v était à sa tension normale ; les résultats obtenus sont donnés par la figure 2. Il se produit un effet de réso-

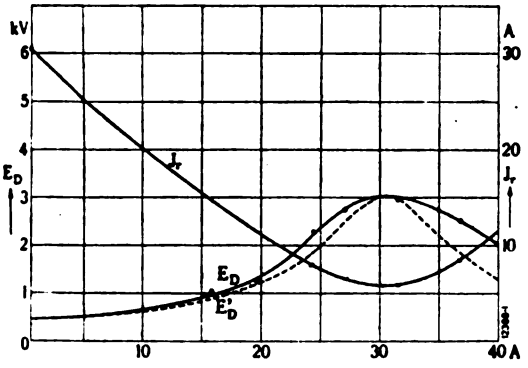


Fig. 2. — Valeurs du courant et de la surtension en fonction de la dissonance.

nance quand la bobine est calculée de manière que $J_d = J$. La courbe en pointillé correspond aux valeurs calculées de la surtension ; la courbe en trait plein, aux valeurs constatées.

4. Mesure du courant résiduel J_r. — Pour cette mesure l'isolateur était shunté par un fil de cuivre de section suffi-

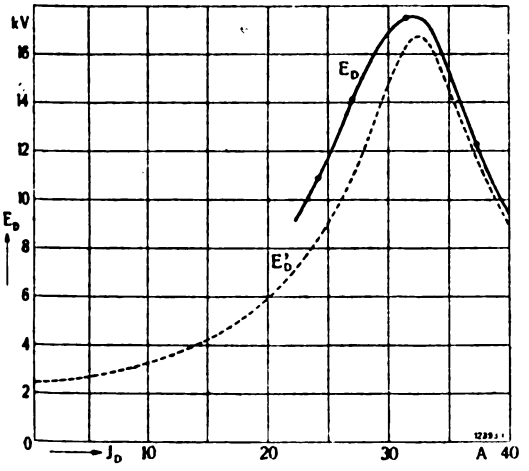


Fig. 3. — Surtensions produites par court-circuit sur une ligne voisine en fonction de la dissonance

sante pour ne pas être fondu par le courant de court-circuit. Les résultats des mesures sont également donnés par la courbe de la figure 2.

5. Perturbations causées par les canalisations voisines parallèles. — Pour les déterminer, on provoqua artificiellement des courts-circuits sur la ligne à 70000 v et l'on mesura la tension aux bornes de la bobine pour différentes valeurs de la réactance. Les résultats sont donnés par la figure 3.

Conclusion. — Ces essais ont montré qu'il convient de pouvoir régler la dissonance dans des limites assez étroites si l'on veut que le soufflage soit efficace et rapide. Il faut donc munir chaque section de ligne d'une bobine spécialement calculée ; avec cette précaution les courts-circuits à la terre n'auront pas de suites graves. — J. C.

L'utilisation des chaleurs perdues (1).

Les chaleurs perdues dans un grand nombre d'établissements industriels, tels usines à gaz, fonderies, forges, fabriques de machines, industries chimiques, etc., peuvent être utilisées de bien des façons : production de vapeur pour la force motrice ou pour le chauffage, production d'eau chaude pour le bain, la toilette ou les usages industriels, réchauffage de l'air, installations de séchage pour fruits, légumes, bois, etc.

A l'étranger, où la question est également à l'ordre du jour, on a même utilisé au réchauffage du sol les calories perdues par canalisation souterraines dans les forceries. Un premier exemple mentionné dans l'article est relatif à une chaudière produisant de la vapeur à 125°C et actionnant une turbine qui entraîne une pompe. La vapeur à 100° qui sort de la chaudière vient réchauffer l'eau d'un réservoir et revient à la chaudière après condensation à une température voisine de 90°. L'eau qui sert au chauffage des appartements est réchauffée de 60 à 80° environ dans le réservoir qui utilise ainsi une grande partie de la chaleur latente de vaporisation.

Une deuxième installation comporte une chaudière à haute pression qui envoie de la vapeur à 350° dans une machine à vapeur. Une première canalisation prélève sur cette machine de la vapeur détendue à 140° environ, qui passe à travers un premier réservoir d'eau dont elle élève la température de l'eau de 80 à 110°, et qui fonctionne comme une nouvelle chaudière.

Une deuxième canalisation prélève l'eau de condensation à 35° environ et l'envoie à travers un second réservoir qui fonctionne comme un condenseur à surface en élevant la température de l'eau de circulation de 10° à 30° environ. D'autres schémas sont également possible, ils sont généralement basés sur le système des économiseurs. Pour montrer l'efficacité qu'on peut attendre de pareils dispositifs, l'article donne une figure (fig. 1) qui montre l'utilisation des calories dans une chaudière destinée au chauffage industriel. C représente la chaleur contenue dans le charbon, H la partie utilisée pour le chauffage soit 58 pour 100, K les pertes dans la chaudière soit 25 pour 100, V_c les pertes dans la canalisation soit 2 pour 100, V_k les pertes dans l'eau de condensation soit 11 pour 100, G les calories qui peuvent être renvoyées à la chaudière avec l'eau de condensation soit 8 pour 100, V'_k les pertes par refroidissement de l'eau de condensation soit 4 pour 100.

Une installation de chauffage bien conçue, utilisant au

(1) Hottinger. *Schweizerische Bauzeitung*, 19 et 26 novembre 1921, t. LXXVIII, p. 249-252 et 257-260 et 11 et 25 février 1922, t. LXXIX, p. 72-74 et 97-100, 13 500 mots, 32 fig., 3 tab.

Digitized by Google

maximum les calories dégagées peut avoir un rendement utile de 75 pour 100 de la chaleur contenue dans le charbon, c'est-à-dire que, sur 7 500 calories que peut dégager un kilogramme de charbon, 5 600 calories serviront au chauffage, tandis que, avec l'énergie électrique, un kilowatt-heure ne fournit que 860 calories et exige au moins 1 kg de charbon pour sa production. Le chauffage direc consomme donc 6,5 fois moins de charbon que le

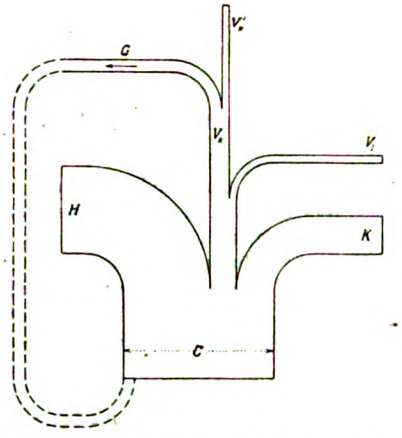
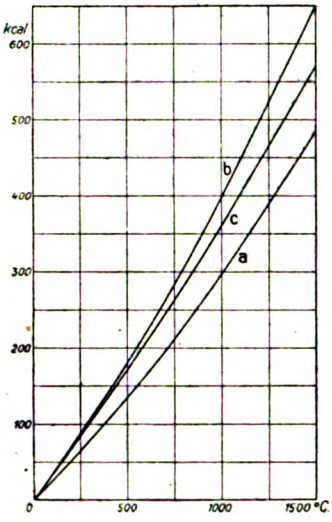


Fig. 1. — Distribution de la chaleur dans une installation de chauffage industriel.

tilateurs pour le chauffage des pièces ou pour des installations de séchage. On peut, en particulier, recueillir l'air qui se trouve au-dessus des chaudières et économiseurs à la température d'environ 60° et le refroidir à 20°, ce qui permet de récupérer environ 4 500 calories pour 450 m³ d'air c'est-à-



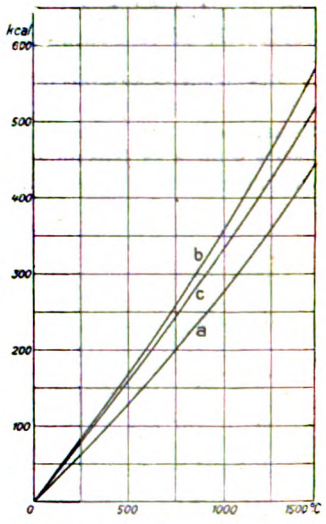


Fig. 2 et 3. — Chaleur contenue dans 1 kg (a) et dans 1 m³ (b) de gaz ou d'air.

chauffage électrique. L'article décrit un certain nombre d'installations utilisant les chaleurs perdues, en particulier une installation de canalisations métalliques disposées au-dessus des voûtes de fours à acier et utilisant la chaleur pour le séchage, ainsi que l'installation de chauffage de la centrale d'Eglisau qui utilise l'air de refroidissement des alternateurs au moyen de manches d'aspiration et de ventilateurs, prenant l'air à la partie supérieure de la salle des machines et le refoulant dans des manches assurant la distribution d'air chaud aux divers étages du bâtiment du tableau. Il signale les installations de freins à eau, qui utilisent pour le chauffage de l'eau la chaleur produite directement par frottement. Il traite ensuite de l'utilisation des chaleurs perdues dans les chaudières. Ces chaleurs sont les suivantes : pertes à la cheminée (10 à 30 pour 100 des calories contenues dans le charbon pour les installations industrielles et 60 pour 100 et plus pour les autres) ; pertes dans les imbrûlés (1 à 3 pour 100) ; pertes par rayonnement et conductibilité (5 à 8 pour 100 pour les chaudières à régime continu, jusqu'à 20 pour 100 en régime intermittent, et jusqu'à 40 pour 100 pour les fours à gaz). Les gaz échappés par la cheminée peuvent être employés directement au chauffage ou éventuellement pour la production de l'énergie dans des moteurs à gaz.

Les pertes par rayonnement et conductibilité peuvent être employées au réchauffage de l'air et utilisées à l'aide de ven-

dire l'équivalent de ce que pourrait donner 1 kg de charbon. On perd aussi en imbrûlés laissés dans les cendres de 1,4 à 1,5 pour 100 de la valeur calorifique du charbon. Quant aux chaleurs perdues dans les gaz des cheminées elles peuvent s'évaluer par la formule

$$W = 0{,}66\,\frac{t - t_0}{\text{teneur en } CO^2}$$

qui donne la quantité de chaleur en centièmes de celle du charbon. On a ainsi

$t - t_0$	Chaleur perdue pour une teneur en CO^2 égale à :		
	6 pour 100	10 pour 100	14 pour 100
100	11	7	5
200	22	13	9
300	33	20	14
500	55	33	24

Les figures 2 et 3 montrent d'ailleurs quelle est la quantité de chaleur contenue dans un mètre cube et dans un kilogramme de gaz de fumées ou d'air. Les économiseurs permettent d'utiliser une partie des chaleurs perdues dans ces gaz et d'économiser ainsi jusqu'à 12 pour 100 de charbon.

Digitized by Google

SECTION ÉCONOMIQUE & FINANCIÈRE

Revues, analyses et informations

Comment développer l'usage de l'énergie électrique en France.

Sous ce titre, la Société d'Etudes et d'Informations économiques vient de publier une étude de M. Montchrestien qu'il nous paraît utile de porter à la connaissance de nos lecteurs en la reproduisant ci-dessous.

I. — Quarante ans à peine ont passé depuis les expériences entreprises par Marcel Deprez entre Grenoble et Vizille, expériences fameuses qui confirmèrent le principe de la réversibilité des machines dynamo-électriques aperçu, par hasard, à l'Exposition de Vienne, dix années auparavant.

D'énormes progrès ont été accomplis par la science électrique en ce court espace de temps, qu'il s'agisse de la construction des machines génératrices, des transformateurs, des moteurs ou de l'équipement des lignes de transmission.

Rappelons seulement que la plus puissante des dynamos qui figuraient à l'Exposition de 1889 ne dépassait pas 250 kw. Qu'est cela à côté des 40 000 kw de puissance unitaire des groupes en montage à la centrale de Gennevilliers ? De même pour les tensions de transmission : alors que, en 1891, une tension de 40000 v et une distance de 100 km étaient des limites difficilement réalisables, on parle aujourd'hui d'amener 200 000 kw de Génissiat à Paris, soit un parcours de 500 km. à la tension de 110 000 v, et plus peut-être.

Il ne faut donc pas s'étonner si l'électricité pénètre aujourd'hui, de plus en plus, dans tous les domaines de l'activité nationale. Elle ne limite plus son ambition, comme au début, à procurer du confort aux habitants des villes ; elle devient l'auxiliaire indispensable de la production en dispensant la force motrice dans les usines, les chantiers et les ateliers. Elle commence à se répandre jusque dans les centres agricoles, où elle aide aux travaux de la ferme et à l'amélioration des cultures.

Enfin, elle rend plus rapide, moins onéreuse, et partant plus facile, la circulation des richesses, en prenant la place de la vapeur dans la traction des tramways, des chemins de fer d'intérêt local et d'intérêt général.

Le territoire se couvre peu à peu de lignes électriques allant des sources d'énergie aux lieux de consommation, en même temps que, dans les agglomérations, les canalisations deviennent plus denses. Nous donnons ci-contre, d'après la « Revue générale de l'Electricité » (1), un tableau contenant diverses indications sur le développement comparé des réseaux français de distribution en 1912 et 1918.

Depuis 1918, la puissance installée s'est encore augmentée; la puissance raccordée également, ainsi que les lignes de transport et de distribution.

(1) Voir le numéro du 17 janvier 1920, t. VII, p. 98-101. A la suite de renseignements nouveaux, quelques uns des nombres inscrits dans la dernière colonne du tableau publié dans ce numéro de 1920 ont été légèrement modifiés dans le tableau reproduit ici.

Dans tous les pays modernes, la production et la consommation d'électricité deviennent, au même titre que la production et les consommations de charbon, de fonte, d'acier, un des indices principaux du degré de prospérité et de civilisation matérielle. Travailler à l'électrification de la France, c'est travailler au développement du bien-être général.

Or, quels que soient les résultats acquis, ils sont immensément loin de ce qui pourrait être. L'œuvre qui reste à accomplir, œuvre au premier chef nationale, est formidable.

II. — Et d'abord, si l'usage de l'énergie électrique est répandu dans les communes importantes de France, il reste inconnu dans beaucoup d'autres En 1918, le nombre des communes desservies en courant électrique était seulement de 6 799 ou 7 000 en chiffres ronds, soit 19 pour 100 du nombre total.

Les besoins des grands centres eux-mêmes sont loin d'être satisfaits. Ceux de l'agglomération parisienne, qu'il s'agisse de ses services publics, de ses industries ou de la consommation domestique, restent énormes. Ceux des grandes régions industrielles, même les mieux pourvues de combustibles, grâce au développement de l'électrotechnique, qui permet de multiplier l'emploi du moteur, de la chaudière, du four électrique, apparaissent pratiquement illimités.

Enfin, le déficit de notre production houillère imposera l'électrification, au moins partielle, de nos chemins de fer ; elle est déjà commencée et entraînera une consommation très importante d'énergie électrique.

Or, tandis que la répartition des besoins d'énergie est commandée par la géographie économique et politique du pays, celle des moyens de production est déterminée par la géographie physique et la géologie.

Les centrales thermiques installées sur nos bassins charbonniers coïncideront, en règle générale, avec la présence de vastes agglomérations industrielles. En revanche, la majeure part de nos forces hydrauliques à capter dans les régions montagneuses est, dans l'ensemble, assez éloignée des points où se concentrent les besoins. D'un autre côté, ces forces sont par nature soumises à de très fortes variations saisonnières. Sans doute, l'aménagement de réserves (lacs de montagne, barrages-réservoirs) permettra, dans une certaine mesure, d'en régulariser le débit. Néanmoins, dans le cas général, c'est aux centrales thermiques qu'il faudra demander la compensation des défaillances saisonnières de la force hydroélectrique.

Cette compensation ne pourra être faite qu'à distance, près des centres de consommation, par l'accouplement des lignes amenant, d'un côté l'énergie des usines hydrauliques, de l'autre celle des centrales thermiques.

Le problème national de l'énergie électrique devient ainsi avant tout un problème de distribution et de transmission.

Le Conseil supérieur des Travaux publics a procédé en 1919 à une étude approfondie des besoins de la France en énergie électrique et des travaux à exécuter au cours des

Digitized by Google

TABLEAU I. — *Entreprises de distribution publique d'énergie électrique.*

	1912		1918	
Puissance normale, en kilowatts, dont les entreprises disposent : de leurs usines	413 133		768 544	
achetée	122 376		184 907	
totale	535 509		952 451	
Nombre des entreprises	5 389		6 819	
Effectif du personnel	15 105		16 217	
Longueur des canalisations haute tension, en kilomètres	22 993		35 420	
	NOMBRE	PUISSANCE FOURNIE	NOMBRE	PUISSANCE FOURNIE
Nombre et puissance, en kilowatts, des distributions, services publics et abonnés reliés au réseau général de transmission : Distributions exploitées par les entreprises	3 883	364 984	5 171	419 308
Distributions exploitées par des tiers	254	105 255	454	146 236
Services publics et abonnés divers	879	105 678	1 285	156 824
TOTAUX	4 976	575 217	6 910	722 368
Distributions publiques exploitées par les entreprises :				
Longueur des canalisations, en kilomètres	22 139		27 979	
Nombre d'habitants des agglomérations desservies	10 010 271		13 952 154	
Nombre d'abonnés	837 961		1 193 237	
Puissance, en kilowatts, installée chez les abonnés : éclairage	481 868		527 898	
force motrice	323 221		741 095	
transports en commun	8 780		13 859	
totale	803 869		1 282 852	
Redevance, en francs, pour occupation du domaine public	1 146 006		2 072 433	
Frais de contrôle, en francs, dus : à l'État	272 733		376 157	
aux communes	116 785		163 063	
Recettes totales des entreprises, en francs	?		247 032 823 (1)	

(1) Nombre très inférieur à la réalité, car il ne comprend pas les départements alors occupés, ni toutes les entreprises recensées à cette époque dans le reste du territoire.

quinze prochaines années. Le résultat de ces études est résumé dans le tableau ci-après, dont les nombres sont arrondis.

Le seul service de la distribution d'énergie étant envisagé	Puissance en kilowatts des usines électriques existantes	hydro-électriques	320 000	TOTAL : 1 200 000
		thermiques	880 000	
	Puissance des usines électriques en construction, en projet ou à prévoir, pour satisfaire les besoins prévus vers 1915	hydro-électriques	820 000	TOTAL : 1 400 000
		thermiques	580 000	

	Dépense approximative à prévoir en millions de francs.
Lignes de transmission à haute tension, longueur d'environ 5 000 km	2 200
Postes d'arrivée et de départ de ces lignes, au nombre d'environ 950	550
Lignes de transmission intermédiaires avec leurs postes spéciaux	3 500
Réseaux de distribution proprement dits	2 000
Usines	5 200
Somme à valoir pour imprévus	1 550
Dépense totale, environ	15 000

Ces chiffres montrent que la création d'un réseau national de transmission de l'énergie électrique va exiger un effort énorme, à la fois technique et financier.

Or, c'est précisément au moment où cette création est à l'étude qu'un conflit, dont personne dans le monde industriel n'ignore l'acuité, s'est élevé entre les distributeurs d'une part et les consommateurs d'électricité de l'autre.

Les consommateurs se plaignent. Le courant, disent-ils, nous est fourni irrégulièrement. Son prix est trop élevé, il varie injustement suivant la clientèle, se modifie surtout trop souvent dans le temps avec les variations de l'index économique.

Les distributeurs répondent : nous nous sommes trouvés au lendemain de la guerre dans une situation dont on méconnaît les difficultés. Notre matériel, par suite d'une utilisation intensive, avec un personnel improvisé, s'est trouvé surmené et insuffisant et nous avons été hors d'état d'assurer un service irréprochable, comme nous l'aurions désiré. Ce matériel, nous avons été obligés de le renouveler au moment où les prix étaient le plus élevés. Comme tous les industriels, nous avons dû faire face aux frais énormes occasionnés par la hausse du charbon et des salaires. La méthode qui fait intervenir l'index économique pour la fixation du prix du courant n'est sans doute pas parfaite, mais elle s'impose dans une période d'instabilité, dont nous sommes les premières victimes.

Au fond, ce sont les circonstances anormales que nous traversons, le désordre apporté à toute notre économie nationale par la guerre et l'après-guerre qui ont été l'occasion et la cause de la querelle. Malheureusement, si les rai-

Digitized by Google

sons en sont passagères, les conséquences peuvent en être durables.

Le conflit ne s'est pas manifesté seulement aux lecteurs de la presse spéciale par des articles d'un ton parfois élevé. Le débat a été porté devant le Parlement, et les doléances des consommateurs ont pris corps dans une proposition de loi de M. Néron, qui va jusqu'à réclamer contre les distributeurs des sanctions pénales, dans un domaine où chacun jusqu'ici était d'accord pour ne prévoir que des sanctions civiles

Nous sommes ici, en réalité, en présence d'un de ces conflits-type qui s'élèvent périodiquement entre groupes d'industriels que la nature de leur activité rend dépendants les uns des autres. La solidarité qui les lie est, comme la langue, la meilleure et la pire des choses. Elle porte en elle le germe des ententes les plus fécondes ou des hostilités les plus destructives. Cependant les polémiques les plus acerbes n'arrivent jamais à la dissoudre. Les coups que chacun des combattants destine à son adversaire tombent dans les deux camps. La bataille ne laisse que des vaincus, et l'intérêt général figure parmi les victimes

C'est en son nom que nous nous permettons d'intervenir dans ce débat regrettable. Notre but ici n'est pas d'analyser et de peser les arguments des belligérants. Nous voudrions seulement dégager quelques idées acceptables par tous quelques principes sur lesquels il est possible de tomber d'accord. Ce faisant, nous pensons servir la collectivité et les intéressés eux-mêmes.

III. — Point n'est besoin de montrer longuement que dans une pareille querelle personne n'a rien à gagner.

Les consommateurs se sont plaints par exemple, fréquemment, des interruptions de courant auxquelles ils étaient exposés sans préavis. En dehors de quelques cas où il est possible d'incriminer la mauvaise volonté ou la négligence des distributeurs, ces interruptions peuvent provenir de deux causes :

1° La consommation restant constante, c'est la production de la centrale qui brusquement diminue, soit par suite du surmenage du matériel, soit, s'il s'agit d'une usine hydro-électrique, d'un étiage imprévisible du cours d'eau.

2° La production restant constante, c'est la consommation qui s'accroit et ne peut être satisfaite.

Dans les deux cas, il est possible de prévenir ces défaillances : c'est une question de dépenses à engager, soit pour renouveler les machines fatiguées, soit pour créer des réserves hydrauliques, soit pour accroître les installations, soit enfin pour réunir des centrales qui pourront, le cas échéant, se porter secours.

Mais, comment veut-on que les distributeurs trouvent auprès des banques l'appui nécessaire, auprès des prêteurs la confiance indispensable si l'on dresse les uns contre les autres, distributeurs d'énergie et consommateurs ?

On compromet ainsi l'avenir économique du pays sans servir les intérêts de ceux que l'on prétend défendre. C'est la réalisation même du programme d'électrification, dont nous avons donné plus haut les grandes lignes, qu'on risque de ruiner irrémédiablement. Les milliards nécessaires à l'aménagement des centrales, à leur jonction aux réseaux de transmission et de distribution, il faudra bien les trouver, soit par un emprunt d'Etat ou des communes, soit en s'adressant à l'initiative privée. Sans vouloir discuter les mérites respectifs de l'une ou l'autre de ces méthodes, il faut reconnaître que la première est d'une réalisation difficile, au moins pour la génération présente. La seconde est seule possible, en l'état actuel des choses.

Que les « associations de consommateurs » aident donc à corriger les inévitables erreurs et signalent les abus là où elles les rencontrent. Elles resteront ainsi dans leur rôle. Mais qu'elles évitent par dessus tout de rebuter les distributeurs d'énergie et les détenteurs de capitaux par des critiques systématiques. Elles y perdraient jusqu'à leur raison d'être.

IV. — Il importe à tous, que le malentendu qui met aux prises vendeurs d'énergie et consommateurs prenne fin au plus tôt. Comment donc concevoir les rapports du distributeur et de ses clients ainsi que leurs obligations réciproques ?

Il est d'abord une manière simple en apparence de résoudre le problème, et qui consiste à le supprimer.

On peut, en effet, imaginer que l'Etat, les départements ou les communes se chargent de l'exécution du programme prévu, aménagent à leurs frais les centrales et les lignes à créer, et procèdent à la refonte indispensable du réseau actuel, au besoin par rachat des installations existantes.

Si la gestion de ce vaste organisme était confiée aux consommateurs eux-mêmes et aux ouvriers, ainsi qu'il a été proposé, il est certain que la question de tarif serait rapidement résolue.

Il est plus que douteux cependant que cette solution simpliste rencontre jamais l'approbation des milieux intéressés et celle des hommes qui sont aujourd'hui responsables des finances publiques. Car les industriels, quels qu'ils soient, viennent de faire de l'étatisme une expérience trop complète et trop décisive pour être tentés d'accepter ses dangereux présents. Quant à l'Etat, aux départements et aux communes ils auraient, pour payer les travaux d'usines de réseaux, à contracter un emprunt de 15 à 20 milliards et à prévoir dans leurs budgets respectifs la charge des déficits d'exploitation éventuels. Leur appréhension est naturelle et justifiée.

Mais si l'on se refuse à tenter une expérience pleine de périls, il faut donc se résigner à tirer parti de ce qui existe et à recourir à des méthodes qui ont fait leurs preuves.

Sous le régime actuel, les centrales thermiques sont librement édifiées par leurs propriétaires. Les centrales hydrauliques sont, depuis 1919, soumises au régime de la concession. Quant aux réseaux, en vertu de la loi du 15 juin 1906, les uns sont établis par simple permission de voirie sans durée déterminée, permission qui ne peut prescrire aucune disposition relative aux conditions commerciales de l'exploitation, les autres le sont en vertu de concessions d'une durée déterminée avec cahier des charges et tarif maximum.

Les consommateurs se plaignent vivement du régime de la permission de voirie, qui les laisse, disent-ils, sans défense contre les distributeurs. Ils demandent que toutes les compagnies distributrices soient ramenées au régime de la concession. Un des buts de la proposition de loi Néron est de leur donner satisfaction sur ce point. Les distributeurs font observer que la suppression brutale, sans mesure transitoire, des permissions déjà accordées, constituerait une atteinte injustifiable au principe de la non rétroactivité des lois, aboutirait à la violation des engagements pris sous le régime de la loi de 1906 et équivaudrait à une expropriation sans indemnité.

En fait, cette question est d'importance secondaire. La loi de 1906 laisse libre, en effet, les pouvoirs publics de refuser sans motif les permissions de voirie. Or, quand il s'agit de réseaux nouveaux, le ministre des Travaux publics refuse systématiquement toutes les nouvelles permissions demandées. Quand il s'agit d'installations anciennes, le même ministre saisit l'occasion de chaque demande d'extension pour faire pression sur le demandeur et l'amener à faire

Digitized by Google

passer son exploitation du régime de la permission à celui de la concession. Les consommateurs demandent donc qu'on achève un agonisant.

La création d'un vaste réseau national de transmission et de distribution ne peut que lui donner le coup de grâce, et pratiquement le problème posé se réduit pour nous à celui-ci : suivant quels principes doit fonctionner le régime de la concession en matière de distribution d'énergie électrique ?

V. — Une concession n'est nullement, comme on est parfois tenté de le croire, une faveur que l'Etat accorde à un particulier en lui donnant son investiture. Une concession est essentiellement un contrat entre l'autorité concédante et le concessionnaire. En dernière analyse, elle n'est qu'un mode d'exécution des travaux publics : un particulier s'engage à exécuter un travail déterminé pour le compte d'une collectivité, mais au lieu d'être payé sur mémoires après achèvement des travaux, l'entrepreneur accepte un mode de règlement qui s'échelonne sur une durée plus ou moins longue et consiste dans la perception de taxes sur les usagers des ouvrages. Sans doute, le concessionnaire bénéficie de certaines facilités pour l'exécution des travaux. N'est-ce pas naturel, puisque usines hydrauliques et lignes sont exécutées pour le compte de la collectivité publique concédante ? La contre-partie de ces « facilités » se trouve d'ailleurs dans l'obligation de mettre le public, sans distinction, en mesure d'user des ouvrages exécutés à des conditions que détermine le cahier des charges.

Ceci posé, il apparaît que la fixation du tarif de vente aux clients d'un réseau de distribution d'énergie électrique ne saurait être laissée au hasard de discussions politiques ou sentimentales. Elle doit résulter d'un travail sérieux, approfondi, délicat, car elle est la contre-partie d'une prestation bien déterminée.

En premier lieu, il est bien évident que le tarif maximum doit couvrir les charges obligatoires. Le concessionnaire fait l'avance de la dépense de premier établissement de l'usine hydraulique et du réseau ; il construit à ses frais et par ses seuls moyens l'usine thermique. Il est, dès lors, légitime que la taxe demandée aux usagers en guise de paiement couvre :

1° Les dépenses d'exploitation de l'entreprise — frais généraux — charbon, matières consommables et salaires — entretien des immobilisations ;

2° Les charges du renouvellement du matériel périssable ;

3° L'intérêt et l'amortissement des capitaux empruntés.

C'est là un minimum irréductible.

En définitive, l'exploitation de l'ouvrage concédé n'est pour le concessionnaire qu'un moyen de récupérer son avance. Elle doit lui permettre de rentrer dans ses débours.

Elle ne doit pas, en revanche, lui procurer des bénéfices hors de proportion avec son apport. Pour ôter au concessionnaire la tentation d'augmenter abusivement le prix de vente du courant en vue de désintéresser ses bailleurs de fonds bien avant l'expiration de sa concession et de réaliser ainsi un coquet bénéfice, le cahier des charges doit prévoir un tarif de vente maximum, calculé pour une utilisation normale, de manière à intéresser le concessionnaire à augmenter sa clientèle et répartir ses charges sur une vente accrue : double profit pour lui et pour la clientèle.

Mais si le tarif maximum limite les bénéfices, il doit aussi limiter les risques. On a beaucoup discuté sur le point de savoir si ce tarif maximum devait être fixé ne varietur au début de la concession, ou s'il devait être fonction des charges qui pèsent sur l'exploitant.

En précisant les éléments de fixation de ce tarif, nous avons répondu déjà à cette question. Avant la guerre, les variations des dépenses d'exploitation, des charges découlant du renouvellement du matériel et des capitaux étaient d'assez faible amplitude d'une année à l'autre On pouvait concevoir un tarif maximum déterminé une fois pour toutes. Il n'en est plus de même aujourd'hui. Les salaires, le charbon, le loyer de l'argent sont soumis à de constantes et imprévisibles fluctuations. La fixité du tarif maximum aurait pour conséquence, dans la plupart des cas, ou bien de laisser à l'exploitant une marge trop considérable de bénéfices, ou de le mettre dans l'impossibilité de restituer l'argent que lui ont confié ses bailleurs de fonds pour l'exécution des travaux.

C'est pour parer à ce double inconvénient qu'a été imaginé l'index économique qui a suscité tant de critiques. Les uns l'ont trouvé d'un maniement trop compliqué Les autres, au contraire, l'ont accusé d'être trop simple ou trop simpliste en ramenant aux salaires et au charbon toutes les variations des charges diverses qui pèsent sur une entreprise de distribution.

Il est toujours aisé, en prenant un exemple théorique, de montrer, suivant la thèse soutenue, que l'index tel qu'il est généralement calculé conduit, pour une entreprise type, à des résultats favorables ou défavorables pour l'exploitant. Ce jeu facile est un peu puéril : ce qu'il faut voir, ce sont les résultats d'ensemble. Or, là où l'on a fait application de l'index, le coefficient de multiplication des tarifs n'a pas dépassé en moyenne, et sauf cas exceptionnel, 2,5 par rapport à 1914. On ne peut raisonnablement soutenir que cette majoration est exagérée lorsqu'on la rapproche de celle qu'ont subie les salaires, le charbon, les prix du matériel de remplacement et le loyer de l'argent.

On serait plutôt tenté de la trouver insuffisante, et c'est pourquoi les réseaux ne peuvent faire face à leurs charges accrues qu'en augmentant leurs ventes, de manière à faire rendre le maximum à leurs immobilisations. Mais pour cela, il leur faut une liberté commerciale aussi complète que le comporte le service public qu'ils doivent assurer. Et nous touchons à une autre critique fréquemment adressée aux secteurs électriques : la multiplicité de leurs tarifs de vente. Il n'est pas difficile de montrer que cette multiplicité est une nécessité de l'industrie électrique.

En effet, si nous passons en revue les charges qui pèsent annuellement sur un secteur, nous constatons qu'aucune d'entre elles n'est rigoureusement proportionnelle au débit d'un réseau en fonctionnement normal. Nous ne parlons pas des charges financières totalement indépendantes des ventes. Mais, même pour le charbon, l'eau, l'huile, la graisse, les chiffons et les réparations du matériel, les dépenses sont loin d'être deux fois plus élevées lorsque la charge de la centrale double. On constate, au contraire, qu'elles diminuent par unité produite. Nous pourrions en dire autant, avec plus de raison encore, des frais généraux, salaires, appointements, loyers, assurances, impôts, des frais d'entretien, des immobilisations et du renouvellement du matériel qui vieillit et se démode même sans fonctionner.

D'autre part, c'est la demande du client, et non le concessionnaire qui fixe les conditions d'utilisation de la centrale et du réseau. D'où nécessité de prévoir la puissance des machines et le débit des lignes d'après la demande maximum, même si les machines et le réseau ne sont utilisés à pleine charge que durant quelques heures au cours de la journée. En outre, le concessionnaire, à la différence d'un industriel ordinaire, ne peut répartir les commandes qui lui parviennent de manière à utiliser au mieux ses immobilisations. Il faut qu'il les satisfasse sur le champ, quoiqu'il lui en coûte.

On conçoit, dans ces conditions, que, avec ses dépenses fixes ou non proportionnelles à la production, le concession-

Digitized by Google

naire d'une distribution se trouve un peu dans la situation d'un propriétaire d'immeubles qui, grevé de lourdes charges foncières ou d'entretien, trouverait aisément preneur pour les appartements les mieux agencés, tandis qu'il n'aurait pas de locataires pour les autres.

Prenons, par exemple, le cas d'un réseau alimenté par une usine thermique : les clients qui veulent avoir à leur disposition à tout instant la totalité de l'énergie souscrite, immobilisant à la centrale une partie importante du matériel, peuvent payer le tarif maximum. En fait, leurs demandes se produiront à peu de chose près aux mêmes heures, et, par leur superposition, provoqueront la pointe. Le reste du temps, le personnel sera à son poste, les chaudières en veilleuse, alors que sans accroître proportionnellement les dépenses, il serait avantageux de produire. Le concessionnaire cherchera des clients de bonne composition qui accepteront de consommer ce que les autres ne voudront pas. Mais, ces clients, il faut les tenter par des tarifs qui seront bien inférieurs au tarif maximum.

Il en sera de même d'un réseau alimenté par une usine hydraulique régularisée avec, en plus, toutefois, le souci de placer les excédents saisonniers pour assurer une plus complète utilisation des installations.

Une grande liberté commerciale est donc une nécessité dans l'industrie électrique : elle incite le concessionnaire à chercher dans une meilleure utilisation de son matériel un surcroît de profit qui lui permettra d'équilibrer ses charges insuffisamment couvertes par les augmentations de tarifs ; elle favorise le consommateur qui peut trouver pour certaines utilisations du courant à bas prix : elle accroît la prospérité publique liée à la mise en œuvre aussi complète que possible de toutes nos forces productrices.

En résumé, le concessionnaire d'une distribution a construit de ses deniers une usine et un réseau pour le compte d'une collectivité qui, en guise de paiement, lui abandonne l'exploitation de la distribution pendant un temps déterminé. Le concessionnaire a le droit de percevoir sur les usagers la taxe nécessaire et suffisante pour le couvrir de ses débours, déduction faite des dépenses d'exploitation, d'entretien, de renouvellement du matériel, et éventuellement des extensions de l'entreprise. *Taxe nécessaire* : On ne concevrait pas que le concessionnaire, ayant fait l'avance de la dépense de premier établissement, soit, de parti-pris, exposé à ne pas rembourser ses bailleurs de fonds. *Taxe suffisante* : Il ne faut pas que le concessionnaire récupère plus qu'il n'a déboursé, compte tenu des intérêts et de l'amortissement du capital et de sa rémunération légitime d'exploitant.

L'index économique doit être conçu comme la contrepartie légitime du tarif maximum, périodiquement révisable : à risques limités, à profits limités.

VI. Le régime de la concession dont nous venons de définir les principes fondamentaux vaut ce qu'il vaut. Laissant au distributeur, non pas certes une liberté complète, à laquelle il ne saurait prétendre, mais une certaine latitude, il comporte pour le consommateur certains aléas. Mais c'est là une conséquence inévitable du régime lui-même.

Elle est inhérente à toute solution qui laisse une place à l'initiative privée. Car c'est bien, en définitive, entre l'initiative privée et l'étatisme qu'il faut choisir.

Les producteurs et distributeurs d'électricité sont des concessionnaires de services publics. A ce titre, ils ont des devoirs à remplir envers la collectivité. Certes, c'est une tâche difficile que d'élaborer en pareil cas une formule de contrôle. Mais il n'est pas de moyen terme entre celle qui transformerait indirectement les entreprises de distribution en véritables administrations d'Etat chargées de fournir à la consommation le courant électrique à des tarifs uniformes dans le temps et dans l'espace et celle qui, tout en sauvegardant les droits de la collectivité, conserve aux producteurs la plus grande somme de liberté créatrice.

Si l'on croit, comme nous, que la première conduirait bien vite à la paralysie, si l'on considère que distributeurs et consommateurs sont liés par une solidarité indissoluble, il ne reste qu'à restaurer entre les deux parties actuellement aux prises, la confiance réciproque indispensable à la bonne marche des affaires. La prospérité future de toute notre industrie électrique est à ce prix.

Nous serions heureux d'avoir pu y contribuer par ces quelques observations.

Assemblées générales

Energie électrique du Nord de la France.

ASSEMBLÉE GÉNÉRALE ORDINAIRE DU 29 JUIN 1922.

La production de la centrale a atteint 65 299 400 kw-h, chiffre très sensiblement analogue à celui de 1920 mais qu'il y a lieu de majorer de 1 500 000 kw-h que la société a dû acheter aux secteurs voisins en novembre et décembre, pour lui permettre de faire face aux demandes de courant toujours croissantes de ses abonnés. Ces résultats auraient été bien meilleurs s'ils n'avaient subi une fâcheuse répercussion du fait de la grève générale qui a sévi pendant près de deux mois dans la région du Nord, grève qui a entraîné l'arrêt partiel de l'activité industrielle de toute la région et qui a même affecté l'usine de Wasquehal.

La fin de la grève a été marquée par une augmentation très considérable des demandes de courant de la clientèle. C'est ainsi que la production du mois de décembre a atteint près de 9 900 000 kw-h, chiffre supérieur à ceux obtenus dans les plus belles périodes d'avant-guerre.

La société n'a pu arriver à une telle production qu'en mettant en service la totalité des groupes turbo-alternateurs disponibles et le nouveau groupe de 6 000 kw commandé durant le dernier exercice et mis en service dans le courant du mois de novembre lui a seul permis de faire face aux besoins de la clientèle. La pointe de l'usine, certains jours, a atteint et même dépassé 30 000 kw.

Les travaux de la centrale de Comines ont été activement poussés pendant toute l'année. A l'heure actuelle, un premier groupe de 3 500 kw est en service et permet d'alimenter en partie le réseau des environs de Comines ; on a procédé aux essais du premier groupe de 25 000 kw. L'ins-

Digitized by Google

tallation des deux autres groupes se poursuit avec activité et l'on peut espérer que la nouvelle centrale sera entièrement en ordre de marche pour la fin de l'année 1922; l'usine de Wasquehal servira à ce moment surtout comme usine de secours en cas d'accident à l'usine de Comines.

En ce qui concerne les opérations de dommages de guerre, la société a pu émettre, au mois d'octobre 1921, un premier emprunt de 20362500 fr par l'intermédiaire de la Société de Reconstitution d'Usines sinistrées (Groupement Energie électrique du Nord de la France, Société roubaisienne d'Éclairage par le Gaz et l'Electricité), à la fondation de laquelle la société a pris une part prépondérante.

Le Conseil a donné à cet emprunt la garantie de la société. Elle est elle-même couverte par les titres d'annuités remis par l'Etat français en représentation de sa créance.

Les sommes touchées ainsi en acomptes sur les dommages de guerre viennent en déduction des immobilisations nouvelles faites à Comines.

Le Conseil poursuit avec la plus grande activité l'achèvement des formalités nécessitées par les opérations de dommages de guerre. Il pense qu'un nouvel emprunt de la Société de Reconstitution d'Usines sinistrées pourra avoir lieu vers la fin de l'année 1922.

D'autre part, il a procédé avec succès aux mois de décembre 1921 et janvier 1922, à l'émission de 28 000 000 fr d'obligations 6,5 pour 100 et à l'augmentation du capital social de 20 000 000 fr à 30 000 000 fr. Cette dernière opération n'ayant été terminée qu'en 1922 ne figure pas au bilan.

L'excédent du compte de profits et pertes atteint, pour l'exercice 1921, la somme de 2 874 918,12 fr, sur laquelle il est prélevé 65 728,47 fr pour amortir le compte mobilier et outillage, 5 pour 100 pour la réserve légale et un premier dividende de 5 pour 100 aux actions.

Sur le solde, il est versé 15 pour 100 au Conseil d'administration.

Il reste 1 418 420,65 fr, auxquels s'ajoute le report disponible des exercices antérieurs, 265 977,97 fr.

Il est distribué un deuxième dividende de 7 pour 100 aux actions.

Le report à nouveau est de 284 398,62 fr.

Le dividende, dont le montant brut s'élève à 30 fr, est mis en paiement contre remise du coupon n° 11, à partir du 30 juin 1922, chez les banquiers de la société aux seules actions n° 1 à 80 000.

Les actions nouvelles, créées avec jouissance au 1er janvier 1922, seront assimilables aux anciennes aussitôt après détachement de ce coupon.

BILAN AU 31 DÉCEMBRE 1921.

Actif.

	fr
Usine Wasquehal et réseaux	25 843 049,20
Construction de l'usine de Comines (travaux en cours)	27 668 465,41
Mobilier et outillage	65 729,47
Frais de constitution et de premier établissement	1 »
Apports	300 000 »
Prime de remboursement et frais d'émission des obligations 4,5 pour 100	1 499 579,36
Prime de remboursement et frais d'émission des obligations 6 pour 100	1 169 284,50
Prime de remboursement et frais d'émission des	
A reporter	56 546 108,94
Report	56 546 108,94
obligations 6,5 pour 100	1 371 650 »
Rachat des parts de fondateur	500 000 »
Portefeuille	3 599 661 »
Banques et caisses	22 068 661,14
Débiteurs divers	6 238 771,44
Impôts sur titres (actions)	338 321,78
Magasins et approvisionnements	6 041 949,66
Travaux de reconstitution	14 828 057,53
Réquisitions de l'autorité allemande (matériel)	644 838,04
Réquisitions de l'autorité allemande (courant)	13 118 773,41
	125 296 792,94

Passif.

	fr
Capital social	20 000 000 »
Obligations 4,5 pour 100 en circulation	12 175 500 »
Obligations 6 pour 100 1920	20 000 000 »
Obligations 6,5 pour 100 1921	28 000 000 »
Réserve légale	268 387,10
Fonds de renouvellement	5 176 371,99
Fonds d'amortissement général	4 329 139,95
Créditeurs divers	15 272 560,57
Créditeurs à terme	409 950 »
Acompte sur dommages de guerre	13 174 558,91
Profits et pertes (compte indisponible)	3 349 428,33
Bénéfices reportés	265 977,97
Bénéfices de l'exercice	2 874 918,12
	125 296 792,94

ASSEMBLÉE GÉNÉRALE EXTRAORDINAIRE DU 13 FÉVRIER 1922.

Dans l'assemblée extraordinaire, les actionnaires convoquées pour constater l'augmentation du capital, ont voté les résolutions suivantes :

Première résolution. — L'assemblée générale, après vérification, reconnait la sincérité de la déclaration faite par le délégué du Conseil d'administration, suivant acte reçu par Me Vanlaer, notaire à Lille, le 2 février 1922, de la souscription des quarante mille actions de deux cinquante francs chacune, représentant l'augmentation de capital de 10 millions de francs, en exécution des résolutions prises par l'assemblée générale extraordinaire du 19 mars 1920, et de la décision du Conseil d'administration en date du 17 décembre 1921, ainsi que des versements effectués sur chacune de ces actions s'élevant ensemble à 4 100 000 fr, représentant la libération partielle de ces titres, à raison du quart, plus la prime de 40 fr.

En conséquence, cette augmentation est définitivement réalisée et le capital social qui était de 20 000 000 fr est élevé à 30 000 000 fr.

Deuxième résolution. — L'assemblée générale constate que, par suite de la réalisation de l'augmentation de capital faisant l'objet de la première résolution ci-dessus et comme conséquence de la deuxième résolution votée par l'assemblée générale extraordinaire du 19 mars 1920, l'article 7 des statuts se trouve modifié de plein droit et sera désormais rédigé ainsi qu'il suit :

« Le capital social est fixé à 30 000 000 fr et divisé en 120 000 actions de 250 fr chacune, comprenant :... » et la rédaction de l'avant-dernier paragraphe sera :

« 7° 40 000 actions émises contre espèces, ainsi qu'il résulte des délibérations des assemblée générales extraordinaires des 19 mars 1920 et 13 février 1922. »

Digitized by Google

SECTION DE LÉGISLATION

Le renforcement de l'inquisition fiscale

L'auteur examine l'étendue actuelle de l'inquisition fiscale, l'organisation du contrôle par la constitution de dossiers fiscaux ; il analyse les nouveaux projets du gouvernement et constate que l'engrenage fiscal, malgré les affirmations hautement proclamées contre les vexations et inquisitions redoutées, lors de l'instauration de l'impôt personnel sur les revenus, conduit fatalement et à bref délai à un régime intolérable, ou à l'abandon du système.

L'impôt personnel sur les revenus n'a pu être voté à la veille de la guerre, et depuis étendu, que sous la garantie, maintes fois affirmée, qu'il ne serait jamais vexatoire ni inquisitorial.

En réalité les bons esprits ne pouvaient se faire d'illusion sur la valeur des protestations ou des assurances des hommes politiques et n'ignoraient pas que, pour être productif, le nouvel impôt, restauration sous une appellation différente des impôts personnels de l'ancien régime, ou imitation des impôts analogues dans divers pays (et notamment en Prusse) devrait nécessairement être l'objet d'un contrôle inquisitorial.

Il l'était déjà lors du vote du premier texte; il l'est devenu davantage à chaque loi de finances; il sera inquisitorial ou il ne sera pas, puisque la vérification vexatoire qu'il comporte est fonction nécessaire de son application.

Dès maintenant, du fait des multiples prescriptions imparties par les textes en vigueur et surtout du fait des applications qu'en doit faire l'administration des contributions directes, l'inquisition existe; elle tend à se fortifier constamment, en attendant mieux, et ce mieux ou ce pire, vient d'apparaître sous la forme d'un projet du ministre des Finances, incorporé au projet de budget, observation faite que ce ministre des Finances, économiste de l'école libérale, se trouve ainsi amené à proposer des mesures fiscales aussi opposées que possible à ses convictions !

Avant d'analyser ce projet, qui vient de dresser immédiatement contre lui d'innombrables protestations, qu'elle est la situation actuelle des assujettis ?

I. **Les dossiers fiscaux.** — Soumis à la déclaration obligatoire et contrôlée, les contribuables sont surveillés par une armée de fonctionnaires diligents, qui patiemment et impitoyablement, constituent leurs « dossiers fiscaux ».

Car les dossiers fiscaux existent !

L'instruction pour l'établissement de l'impôt général sur le revenu du 10 mai 1916 arme les contrôleurs des contributions directes d'un pouvoir inquisitorial si étendu qu'on n'a pas osé pendant plusieurs années divulguer les numéros 57 et suivants de cette instruction.

Le contrôleur peut « s'aider de tous les signes apparents du degré d'aisance ou de richesse du contribuable pour apprécier la sincérité de sa déclaration » : habitation et résidences secondaires, domesticité, équipages, manifestations diverses du train de vie (n° 44). Il tient compte des « faits occasionnels » qui peuvent fournir quelques indications intéressantes ayant trait à la situation de fortune présumée du redevable (n° 68), c'est-à-dire des successions ou legs qui échoient, des contrats de mariage, licitations, lots, primes recueillies, des gains exceptionnels, des professions, etc...

Le contrôleur peut demander aux agents des services publics tous les renseignements dont ils disposent (n° 48).

Les dossiers sont ouverts au nom de chaque contribuable, qu'une déclaration ait été faite ou non (n°s 62-64). Les assujettis sont « tenus » en surveillance pendant le temps jugé nécessaire (n°s 65-62, note 1).

Des bulletins multiples sont rassemblés sous des chemises de divers formats et de couleurs déterminées. Par exemple le dossier des renseignements doit être « en papier fort, format in-quarto carré, cadre intérieur réglé à vingt lignes; les demandes de renseignements sont faites sur papier in-quarto écu, cadre à régler, etc... »

Le contrôleur ne doit pas manquer de relever sur la déclaration de chaque contribuable les intérêts des dettes, qu'il compte en déduction, puisque cette déduction fournit un moyen de contrôle sur la situation réelle d'un autre contribuable, le créancier (n° 66, note 1). De même l'exactitude des déclarations sur la situation de famille s'éclairera pour le contrôleur par le rapprochement, qu'il devra faire avec les registres de l'état-civil ou les tableaux de recensement de la population (n° 71).

« Le feuillet modèle n° 9 doit être tenu à jour avec le plus grand soin... » (n° 74).

Les changements de domicile sont prévus et donnent lieu à une correspondance organisée entre les contrôleurs (n° 69 et documents annexes).

Digitized by Google

L'Administration des Postes et Télégraphes communique au service des contributions directes les changements de domicile, dont elle a connaissance, aux termes de l'article 2 de la loi de finances du 1er janvier 1922; elle doit d'office, alors même que le contrôleur ne le lui demande pas, surveiller les changements de domicile. Il est bien certain qu'elle figure parmi les services publics, auprès desquels le contrôleur a le droit de trouver un accueil empressé (loi du 15 juillet 1914, article 17 et 48 de l'instruction). Tous les renseignements, dont elle dispose, sans aucune exception, doivent lui être communiqués.

La loi de finances du 31 juillet 1920, article 31, a précisé un point important : « En aucun cas les administrations de l'Etat, des départements et des communes ainsi que les entreprises concédées ou contrôlées, ne pourront opposer le secret professionnel aux agents de l'Administration des Finances, ayant au moins le grade de contrôleur ou d'inspecteur-adjoint qui, pour établir les impôts institués par les lois existantes, leur demanderont communication des documents des services qu'elles détiennent ». Or les sources de contrôle sont multiples!

Il y a les lettres, qui tombent au rebut; il y a les envois d'argent par la poste ; il y a les chèques-postaux, les mandats, les livrets de la Caisse d'épargne postale, etc; tous ces documents peuvent servir au fisc, et lui fournir des renseignements particulièrement intéressants sur les recettes et les dépenses des contribuables.

Le « Journal officiel » du 2 février 1922 (annexe n° 3128, documents parlementaires, Chambre des Députés, p. 2442 et suivantes) relève qu'il y a encore beaucoup à faire pour que les agents du fisc aient à leur disposition tout ce dont ils ont besoin pour accomplir leur délicate mission d'une façon complète « et qu'on s'y évertue ». On procède à « un recrutement intensif d'agents jeunes et actifs » et d'employés auxiliaires. On fixe de « nouvelles méthodes de travail ». A la fin de 1921 six cents agents nouveaux ont dû être titularisés; deux cent vingt-deux nouveaux bureaux d'impôts directs, avec des circonscriptions, rechercheront les omissions, les insuffisances d'imposition.

Une série de brochures a été préparée concernant les recherches à opérer dans les différents services publics (enregistrement, contributions indirectes, douanes, etc...). La direction du service des recherches est confiée à des inspecteurs et à des contrôleurs spécialisés (onze à Paris, deux à Lyon, deux à Marseille, etc...). Ils ont le droit de communication générale, qu'ils peuvent exercer dans les banques de tout le territoire.

« Ainsi se complète tous les jours le dossier de chaque contribuable passible des impôts sur les revenus... » (p. 2544, colonne 3).

D'autre part les notaires, les conservateurs des hypothèques, les receveurs d'enregistrement, les bureaux d'octroi, les sociétés d'assurances, etc., sont devenus les auxiliaires du fisc.

Bref l'inquisition, si redoutée, fonctionne de plus en plus étroitement, les archives fiscales se constituent et se complètent.

II. **Le projet du Gouvernement**. — Mais l'Administration des Finances a trouvé le rendement de l'impôt insuffisant; elle en a attribué la cause à l'insuffisance du contrôle et son chef, malgré ses opinions personnelles libérales, visiblement placé entre l'alternative cruelle d'abandonner le tribut de l'impôt personnel ou de le renforcer, a choisi la seconde. Cette décision est contenue dans le projet du budget déposé par lui sur le bureau de la Chambre. Ce projet de budget pour 1923 contient un certain nombre de dispositions destinées à aggraver encore les mesures d'inquisition fiscale déjà provoquées par l'application de l'impôt personnel sur le revenu. Sous prétexte d'« éviter l'évasion fiscale », les banquiers devront signaler au fisc tous dépôts de titres, ou toutes ouvertures de comptes et tenir leurs livres à la disposition des agents des contributions directes. Aucun paiement de coupons ne devra être effectué sans une déclaration portant indication des nom, domicile, etc... du bénéficiaire; c'est, en définitive, par un subterfuge, la suppression des titres au porteur; et l'amende en cas de contravention sera égale à la valeur des coupons, avec minimum de 1 000 fr. Les coffres-forts, devront être ouverts, après décès du locataire, en présence d'un agent de l'Enregistrement.

Voici au surplus le texte des articles 6 à 11 du projet de loi de finances, qui organiseraient, s'ils étaient votés, l'inquisition fiscale la plus étroite :

Art. 6. — Les personnes et sociétés visées au troisième alinéa de l'article 15 de la loi du 25 février 1901, qui seraient dépositaires, détentrices ou débitrices de titres, sommes ou valeurs, sont tenues d'adresser au directeur des contributions directes du département de leur résidence avis de tout dépôt en garde de titres, valeurs ou sommes non rattachées à un compte, ainsi que de l'ouverture de tout compte de dépôt, compte d'avances, compte courant ou autre.

Les avis sont établis sur des formules imprimées, délivrées sans frais par l'administration. Les déposants ou titulaires de comptes y indiquent leurs nom et prénoms, la date et le lieu de leur naissance, leur domicile, les nom et prénoms de leur conjoint s'ils sont mariés et la date du dépôt ou de l'ouverture du compte. Les avis sont envoyés dans la quinzaine de cette date; il en est donné récépissé.

Pour les dépôts ou comptes existants antérieurement à la promulgation de la présente loi, les avis, établis d'après les indications en la possession des personnes et sociétés susvisées, sont adressés dans les six mois de sa publication au « Journal officiel ».

Art. 7. — Chaque contravention aux dispositions de l'article précédent est punie d'une amende de 1 000 fr à 10 000 fr en principal, constatée et recouvrée comme en matière d'enregistrement.

Les personnes et sociétés visées par ledit article sont tenues de représenter à toute réquisition des agents des contributions directes et de l'enregistrement les livres, comptes et tous documents utiles au contrôle de l'assiette et

Digitized by Google

et de la perception des impôts en vigueur. Le refus de communication est constaté par un procès-verbal et soumis aux sanctions établies par l'article 3 de la loi du 17 avril 1906.

ART. 8. — Le payement des intérêts, dividendes, revenus et tous autres produits des valeurs mobilières, françaises ou étrangères non déposées à l'une des personnes ou sociétés visées au troisième alinéa de l'article 15 de la loi du 25 février 1901 ne peut être effectué que sur la production d'un bordereau détaillé signé du requérant et contenant l'indication de ses nom, prénoms, domicile et résidence réels, ainsi que des noms, prénoms, domiciles et résidences réels des personnes pour le compte desquelles il effectue l'encaissement desdits intérêts, dividendes ou revenus.

Chaque contravention aux dispositions de l'alinéa précédent est punie d'une amende égale au montant des intérêts, dividendes, revenus et autres produits encaissés, au minimum de 1 000 fr en principal, due solidairement par le requérant et la personne ou l'établissement qui a effectué ce payement. Toutefois, en cas d'indication inexacte des nom, prénoms, domicile et résidence réels, l'amende est à la charge exclusive du requérant. Les amendes sont constatées et recouvrées comme en matière d'enregistrement. Le produit en est attribué pour un quart aux agents qui ont constaté les contraventions.

Les bordereaux sont conservés pendant les six années qui suivent celle du payement par les personnes ou établissements payeurs; ils sont présentés à toute réquisition des agents des contributions directes ou de l'enregistrement. Le refus de communication des bordereaux ou leur destruction avant l'expiration de la sixième année suivant celle du payement est constaté par un procès-verbal et soumis aux sanctions édictées par l'article 5 de la loi du 17 avril 1906.

Les bordereaux sont exempts du timbre de quittance à la condition qu'il n'y soit exprimé aucune mention ou apposé aucun signe libératoire.

ART 9. — Sont tenus au secret professionnel, dans les conditions déterminées par la législation en vigueur en matière d'impôts sur le revenu, tous agents des administrations financières appelés à prendre connaissance des documents visés par les articles 6 à 8 de la présente loi.

ART. 10. — Les personnes et sociétés visées au troisième alinéa de l'article 15 de la loi du 25 février 1901 doivent, dans la quinzaine de la notification, qui leur est faite par l'Administration de l'Enregistrement, du décès du conjoint du déposant, adresser au directeur de l'Enregistrement de leur résidence, sous la sanction édictée par le premier alinéa de l'article précité, la liste des titres, sommes ou valeurs existant au jour du décès au compte du déposant.

ART. 11. — Les deux premiers alinéas de l'article premier et le troisième alinéa de l'article 3 de la loi du 18 avril 1918 sont modifiés ainsi qu'il suit :

ARTICLE PREMIER. — (1er et 2e alinéas). — « Aucun coffre-fort ou compartiment de coffre-fort tenu en location ne pourra être ouvert par qui que ce soit après le décès, soit du locataire, ou de l'un des locataires, soit de son conjoint, s'il n'y a pas entre eux séparation de corps, qu'en présence : 1° d'un agent de l'Administration de l'Enregistrement; 2° d'un notaire requis à cet effet par tous les ayants-droit à la succession, ou du notaire désigné par le président du tribunal civil, en cas de désaccord et sur la demande de l'un des ayants-droit.

» Le procès-verbal, dressé par le notaire séance tenante et avant enlèvement d'aucun titre, somme ou objet quelconque, constatera l'ouverture du coffre-fort et contiendra l'énumération complète et détaillée de tous les titres, sommes ou objets quelconques contenus.

ART. 3 (3e alinéa). — Le bailleur du coffre-fort qui aura laissé ouvrir celui-ci hors de la présence du représentant de l'Administration de l'Enregistrement et du notaire sera, s'il avait connaissance du décès, tenu personnellement d'une amende de 100 fr à 10 000 fr en principal. »

III. **Les raisons du ministre.** — Le ministre justifie ces mesures par des considérations d'ordres divers. D'une part, dit-il, la rédaction obligatoire d'un bordereau nominatif n'est que la consécration légale d'une pratique déjà généralement répandue et elle est d'ailleurs appliquée dans un certain nombre de pays étrangers, en Amérique notamment ; d'autre part, les mesures proposées « n'ont aucun caractère inquisitorial » (page 112) et tendent seulement à préciser ou à étendre le droit de communication d'ores et déjà consenti au profit de l'Administration de l'Enregistrement ; enfin, il n'y a pas d'autres moyens efficaces de mettre un terme aux évasions fiscales qui se produisent actuellement et qui sont incompatibles avec l'état de notre budget : à défaut de ces moyens, nous serions obligés de créer de nouveaux impôts et de laisser le contribuable de mauvaise foi reporter sur d'autres la charge qui devrait lui incomber.

Ces raisons, pour apparemment justifiées qu'elles paraissent, ne convaincront personne, tout au moins les redevables, qui sont légion ! Mais il faut avouer que les propositions du ministre constituent l'aboutissement logique du système en vigueur.

IV. **Les critiques.** — Le « Temps », qui a consacré au projet ministériel une critique sévère, le constate en ces termes : « Les dispositions proposées aujourd'hui sont d'une logique implacable. Un impôt personnel sur le revenu global implique une chasse constante aux multiples éléments du revenu. Il veut tous les citoyens assujettis aux inquisitions incessantes de l'Etat. Rien des actes, ni des placements, ni des revenus, ni des dépenses, ne doit lui échapper; même pour savoir qui a droit à une exemption, ou bien à une atténuation d'impôt, il doit connaître en détail les genres d'existence, le va et vient des ressources personnelles ou familiales. Le plus pauvre, comme le plus riche, tombe sous sa loi.

» Le pays ne l'avait pas compris. Il le découvre. Qui sait si, parmi les partisans eux-mêmes de l'impôt personnel sur le revenu, un mouvement de stupeur et d'horreur ne va pas se dessiner ? En tous cas, le Parlement serait bien à plaindre qui, enfin, éclairé par une telle lumière et saisi de la clameur qui monte vers lui, persisterait à s'enfoncer dans l'inquisition fiscale. »

Quelle est sur le projet, l'opinion des banques, qui deviendraient les contrôleurs auxiliaires de l'Administration des Finances, ce qu'elles sont déjà pour une large part ?

Indépendamment du surcroît de besogne envisagé et tout en se réservant diplomatiquement (il ne faut pas leur en vouloir), et officiellement du moins, elles se contentent d'exposer des objections secondaires, L'une

Digitized by Google

d'elles a fait observer à un interviewer que le contrôle des impôts, des comptes courants et la déclaration en double des revenus, intérêts ou coupons encaissés par les clients d'une banque entraîneraient des frais généraux supplémentaires considérables et une multiplication des écritures (pour les bordereaux spécialement) d'une application difficile, pour ne pas dire impossible. Sera-t-il possible aux établissements de crédit et à l'Etat lui-même de recruter un personnel assez exercé pour certaines vérifications délicates et d'un emploi constant? On ne le pense pas. Par ailleurs, ce contrôle pourrait revêtir un caractère vexatoire vis-à-vis de certaines banques qui ne seraient pas toujours à l'abri d'indiscrétions de la part des agents du fisc.

Si l'on envisage les répercussions immédiates de semblables dispositions sur les affaires, on ne peut qu'escompter un retrait plus ou moins rapide des fonds, « cela viderait nos dépôts ». Déjà, la méfiance de la clientèle se traduit par la crise qui sévit sur la location des coffres-forts. Autre répercussion possible; la pratique, chaque jour plus large, des chèques postaux pour les règlements entre créanciers et débiteurs au lieu et place des virements de comptes. Mais les chèques postaux échapperaient-ils au droit de regard des contrôleurs? Et à leurs pénalités?

L'ensemble du projet demande donc à être examiné de très près. En effet, l'Etat ne sera pas sans faire de nouveaux appels au crédit. En contrecarrant l'expansion des banques, pourra-t-il trouver à l'avenir un accueil aussi favorable pour ses émissions? Comment toucher la fortune privée à domicile et recueillir les souscriptions? L'emploi des démarcheurs constituerait-il un remède efficace? Il faut espérer, concluait l'établissement interviewé, qu'il se trouvera à la Chambre, lors de la discussion du budget, des parlementaires avisés pour souligner les graves difficultés que posent les dispositions fiscales du projet du budget de 1923.

Indépendamment de ces considérations personnelles et, il faut le dire, intéressées, il y a d'autres inconvénients dont le principal est l'atteinte profonde à la liberté des transactions, au secret des affaires et par suite au crédit, base même du commerce.

Le projet ferait des « personnes ou sociétés » visées à l'alinéa 3 de l'article 15 de la loi du 25 février 1901, c'est-à-dire de tous les dépositaires, détenteurs, débiteurs de titres, sommes ou valeurs quelconques, des dénonciateurs attitrés, soumis au contrôle de l'Etat.

Il porterait une atteinte mortelle aux instruments du crédit et de la richesse, à la mobilité et à l'anonymat nécessaire des signes monétaires ou fiduciaires.

Dans la situation financière actuelle de notre pays déjà difficile, il apparaît donc comme néfaste et extrêmement dangereux.

Il y a antinomie entre l'inquisition, destinée à procurer aux caisses de l'Etat les ressources énormes qu'il réclame, et l'application de mesures régressives et attentatoires au développement de la richesse.

Il faut choisir.

FERNAND-JACQ,
Docteur en Droit.
Avocat à la Cour d'Appel de Paris.

Législation, jurisprudence, réglementation

Loi autorisant la création de réseaux de transmission d'énergie électrique à haute tension et modifiant la loi du 15 juin 1906 sur les distributions d'énergie.

Voici le texte de cette loi, en date du 19 juillet 1922 et publiée au « Journal officiel » du 21 juillet, p. 7 622.

ARTICLE UNIQUE. — La loi du 15 juin 1906 sur les distributions d'énergie (1) est complétée ainsi qu'il suit :

1° Ajouter un article 3 *bis* ainsi libellé :

» Dans le but d'assurer une utilisation plus complète et une meilleure répartition de l'énergie électrique, qu'elle provienne d'usines thermiques ou hydrauliques, l'Etat, s'il n'en prend lui-même l'initiative, pourra obliger les producteurs, et au besoin les distributeurs d'énergie, les départements, communes et services publics d'une même région, intéressés sous une forme quelconque à un transport d'énergie électrique, à constituer sous sa direction et, le cas échéant, avec son concours financier, un organisme collectif spécial, en vue de construire et d'exploiter un réseau de lignes de transport à haute tension destinées notamment à joindre les usines productrices entre elles et aux sous-stations de transformation d'où partent les lignes de distribution.

» Si certains des producteurs ou distributeurs d'énergie dont l'Etat juge le concours indispensable à la réalisation d'un organisme collectif de cette nature ou à son développement normal dans la suite, refusent leur concours, l'Etat peut, après avis du Comité d'électricité, se substituer à eux soit par rachat de leurs installations, si l'acte qui les autorise prévoit cette éventualité, soit par voie d'expropriation, conformément à la loi du 3 mai 1841, après que l'utilité publique en aura été prononcée par décret en Conseil d'Etat.

» La loi de finances déterminera chaque année le montant total, en capital, des engagements que le ministre des Travaux publics est autorisé à contracter en exécution du présent article.

» Le cahier des charges fixera les taxes maxima de péage que l'organisme collectif sera autorisé à percevoir des usagers du réseau que tous les producteurs et distributeurs de la région intéressée pourront être tenus d'emprunter pour le transport de leur énergie. Des permissions de voirie ne pourront être délivrées par le préfet ou des actes de concession passés au nom de l'Etat, dans cette même région, que si ces entreprises ne font pas double emploi avec les réseaux de transport, et les obligations à elles imposées devront, en tout cas, tenir compte de leur existence et des conditions de leur fonctionnement.

(1) Le texte de cette loi a été reproduit in extenso dans « La Revue électrique » du 15 juillet 1906, t. VI, p 29-32, ainsi que dans les annuaires récents de l'Union des Syndicats de l'Electricité, du Syndicat professionnel des Producteurs et Distributeurs d'Energie électrique, du Syndicat professionnel des Industries électriques, etc.

Digitized by Google

» Les refus, pour cause de double emploi, des demandes de concessions présentées dans la région, devront faire l'objet de décisions motivées du ministre des Travaux publics, prises après avis du Comité d'Electricité. »

2° Modifier le premier alinéa de l'article 18 comme suit :

Après les mots :

« Les règlements de l'alinéa 7°.... »

Ajouter :

«... et de l'article 3 *bis*. »

3° Rédiger l'alinéa 1° de l'article 18 comme suit:

« 1° La forme des enquêtes prévues aux articles 6, 11 et 12, étant stipulé, d'une part, que l'avis des conseils municipaux intéressés devra, dans tous les cas, être demandé au cours de ces enquêtes, d'autre part, que l'avis des conseils généraux et des chambres de commerce devra être demandé au cours des enquêtes ouvertes en cas de constitution des organismes collectifs prévus à l'article 3 *bis*. »

4° Ajouter à l'article 18 un alinéa 4° *bis* ainsi libellé :

« Les formes et le mode de fonctionnement des organismes collectifs de transport et de répartition d'énergie prévus à l'article 3 *bis* nouveau et notamment :

» *a*) Les modalités et les conditions du concours financier de l'Etat ;

» *b*) Par dérogations aux dispositions de la loi du 24 juillet 1867 et des lois subséquentes qui l'ont modifiée, le nombre des représentants que l'Etat pourra exiger dans le Conseil d'administration, les modalités de la désignation de ces représentants, l'étendue de leurs droits et de leurs obligations. »

5° Ajouter le numéro 4° *bis* nouveau à l'énumération du dernier alinéa de l'article 18.

Fait à Rambouillet, le 19 juillet 1922.

Instructions complémentaires relatives aux conditions d'approbation des compteurs (mode de présentation, nature des essais).

Voici le texte de ces instructions, en date du 8 août 1922 publiées au « Journal officiel » du 10 août page 8367 et adressées par le ministre des Travaux publics au président du Comité d'Electricité.

Paris, le 8 août 1922.

Je vous prie d'appeler l'attention du Comité d'Electricité sur ce fait, constaté depuis la guerre, que la fabrication de certains compteurs présente des défectuosités sérieuses, portant principalement sur l'insuffisance des dimensions, sur l'étanchéité ou sur les dispositifs de la boîte qui enveloppe les organes électriques.

Les défectuosités sont de nature à compromettre l'exactitude des indications et à faciliter l'arrêt ou même la marche en arrière des aiguilles.

D'autres inconvénients ont apparu à l'examen ; ils se rapportent notamment au système de montage ou aux moyens de réglage des appareils.

Pour corriger ces défauts et donner à tous ceux qui emploient les compteurs d'énergie électrique, entrepreneurs de distribution aussi bien que consommateurs, le maximum de garanties, il convient de prendre les dispositions ci-après :

a) Le compteur dont le type est présenté à l'approbation ne doit être admis aux essais que dans sa forme définitive ; les inscriptions relatives à l'approbation étant seules réservées ;

b) Chaque compteur doit être essayé avec son enveloppe définitive ;

c) Les essais du type monophasé sont valables pour les compteurs polyphasés qui en découlent, si leurs éléments monophasés sont semblablement placés et sont affectés par les mêmes influences magnétiques extérieures. Dans le cas contraire, les compteurs polyphasés devront être soumis à tous les essais sans exception.

d) Les essais doivent permettre de constater que les dimensions de l'enveloppe et les métaux dont elle est composée rendent impossible l'arrêt ou le démarquage des compteurs au moyen d'un électroaimant extérieur.

e) Il sera vérifié que la déformation de la boîte en tôle n'a pas d'influence sur le mécanisme du compteur et que les vis de fixation demeurent inaccessibles après son plombage (1) ;

f) Il y a lieu de constater l'impossibilité d'introduire un fil dans le compteur par suite du déplacement ou de l'écrasement des joints d'étanchéité résultant de la déformation des enveloppes embouties ;

g) Les résultats de l'essai M (art. 3 de l'arrêté du 8 janvier 1920) (2) à faire fixer sur le graphique, devront être compris dans les lignes limites ;

h) Pour apprécier les facilités de réglage du compteur et vérifier, autant que possible, qu'il ne réalise pas exceptionnellement les conditions prescrites, le laboratoire laissera, comme précédemment, le constructeur libre de faire les réglages à sa convenance pour obtenir tous les résultats exigés.

Les essais étant terminés, le constructeur sera invité à démonter son compteur, puis à le régler sur place. Le laboratoire notera ensuite le temps passé à ce second réglage et il consignera tels quels les résultats obtenus, mais ne permettra aucune retouche au cours d'une seconde série d'essais.

La commission nommée par le Comité d'Electricité pour vérifier tout particulièrement si les types de compteurs d'énergie électrique présentés à mon approbation remplissent les conditions réglementaires, devra tenir un compte rigoureux des indications qui précèdent.

Sur l'application de la loi sur les bénéfices de guerre.

Le « Journal officiel » du 22 juillet 1922 publie, p. 2536 des « Débats parlementaires, Chambre des Députés », les questions et réponses qui suivent.

13796. — M. Evain (Seine), député, demande à M. le ministre des Finances : 1° si l'impôt sur les bénéfices de guerre est dû : *a*) pour les déblaiements exécutés en régie (bénéfice alloué par l'Etat, 10 pour 100) dans les régions libérées ; *b*) pour des travaux de reconstruction dans ces même régions, exécutés par un entrepreneur d'une région du Midi qui a créé dans les régions libérées une succursale indépendante de sa maison principale ; 2° dans le cas de l'affirmative, si ledit entrepreneur sera frappé d'une amende de non-déclaration, alors qu'il ignorait devoir en faire une, et s'il pourra obtenir des facilités de payement. (Question du 30 mai 1922.)

Réponse. — 1° D'après l'article 2 de la loi du 1er juillet 1916, le bénéfice net à comparer au bénéfice normal, en vue de la détermination du bénéfice supplémentaire servant de base à la contribution extraordinaire, est constitué par la totalisation des produits nets de diverses entreprises exploitées en France par un même contribuable ; par suite, la situation de l'entrepreneur en cause doit être réglée en tenant compte des bénéfices que lui ont procurés les travaux de déblaiement et de reconstructions qu'il a effectués dans les régions libérées alors même, d'ailleurs, que certains de ces travaux auraient été exécutés en régie ; 2° si, n'exploitant pas d'autre entreprise en France, il a réalisé dans l'exécution de ces travaux des bénéfices supplémentaires excédant le minimum imposable fixé par la loi, l'intéressé devait en faire la déclaration dans les délais impartis par l'article 4 de la loi du 1er juillet 1916 et, s'il n'a pas accompli cette formalité, il est passible de la majoration de droits de

(1) Il convient de rappeler ici, que précédemment la vis de suspension était derrière le socle et que les deux autres vis étaient masquées par la cache-bornes.

(2) Nous avons publié précédemment le texte de cet arrêté dans *Revue générale de l'Electricité*, 13 mars 1920, t. VII, p. 380-384.

Digitized by Google

10 pour 100 prévue par l'article 14 de la même loi. Si, au contraire, il a réalisé des bénéfices imposables dans d'autres entreprises, ce contribuable devait, dans la déclaration qu'il avait à souscrire de ce chef, comprendre les bénéfices qu'il a obtenus dans les régions libérées et, faute de les avoir déclarés, il est dans le cas, à moins que sa bonne foi ne soit établie, d'être soumis à la majoration de droits de 50 pour 100 instituée par l'article 13 de la loi du 1er juillet 1916. Les conditions auxquelles des délais peuvent être consentis pour le payement de la contribution extraordinaire sur les bénéfices de guerre ont été fixées par l'article 10 de la loi du 25 juin 1920. L'octroi des sursis est subordonné notamment au payement préalable des deux premiers quarts des impositions.

13798. — M. Gourin, député, demande à M. le ministre des Finances comment doit être interprété le premier paragraphe de l'article 13 de la loi du 25 juin 1920 dans le cas d'une entreprise dont l'exploitant, mobilisé pendant plus d'un an, n'a pas réalisé de bénéfices imposables du 1er août 1914 au 31 décembre 1918 inclus, ajoute qu'en effet, toutes les périodes jusqu'à fin 1917 ont été en déficit par rapport au bénéfice normal, que l'exercice 1918 présente un bénéfice supplémentaire inférieur à 5 000 fr, ne donnant pas lieu par suite à imposition, mais que, si pour l'exercice 1918, on arrête les comptes au 11 novembre, les bénéfices réalisés du 1er janvier au 11 novembre sont supérieurs de plus de 5 000 fr au 311/365 du bénéfice normal, fait observer qu'il semble que l'entreprise envisagée ne doit pas, dans ce cas, être considérée comme ayant réalisé avant le 11 novembre 1918 des bénéfices donnant lieu à l'application de la contribution sur les bénéfices exceptionnels, puisqu'en fait ces bénéfices ne sont pas imposables, les bénéfices de l'exercice 1918 ne donnant lieu à aucune imposition, que par suite l'entreprise doit bénéficier des dispositions du paragraphe premier dudit article 10 et être exonérée pour les bénéfices supplémentaires réalisés en 1919 et 1920. (Question du 30 mai 1922.)

Réponse. — Le paragraphe premier de l'article 13 de la loi du 25 juin 1920 stipulant expressément que les entreprises dont l'exploitant a été mobilisé pendant un an au moins sont affranchies de la contribution extraordinaire si elles n'ont pas produit de bénéfices imposables avant le 11 novembre 1918, il convient, pour régler le droit de ces entreprises à l'exonération, d'envisager uniquement leur situation de cette date. Par suite, si les bénéfices qu'il a réalisés du 1er janvier au 11 novembre 1918 excèdent de plus de 5 000 fr le bénéfice normal correspondant à la même période, l'administration estime que le contribuable visé dans la question ne se trouve pas dans le cas d'être exempté de l'impôt pour les bénéfices qu'il a obtenus en 1919 et en 1920.

13799. — M. Charles Guernier, député, expose à M. le ministre des Finances que l'Union industrielle et commerciale de Saint-Malo-Paramé, dans sa réunion du 13 mai 1922, a émis le vœu que tout mobilisé ayant acheté une entreprise industrielle ou commerciale après l'armistice et antérieurement au 30 juin 1920, soit exonéré d'office de toute imposition dite de bénéfice de guerre, ajoutant que ce vœu lui paraît d'autant plus fondé que le mobilisé, en achetant son fonds en pleine période de prospérité, a naturellement été amené à le payer plus cher que s'il l'avait acquis antérieurement à la guerre, qu'en conséquence, il a, dans le prix payé à son cédant, acquitté la taxe sur les bénéfices de guerre, en admettant qu'elle soit due par lui. (Question du 30 mai 1922.)

Réponse. — La situation des contribuables mobilisés au regard de la contribution extraordinaire sur les bénéfices de guerre a été examinée par le Parlement, qui a adopté à cet égard un certain nombre de dispositions, faisant l'objet de l'article 13 de la loi du 25 juin 1920. L'interprétation de ces dispositions appartient à la commission supérieure instituée par la loi du 1er juillet 1916 et au Conseil d'État.

Sur l'application de la taxe sur le chiffre d'affaires aux succursales des maisons de commerce.

Le « Journal officiel » du 17 juin 1922 publie, page 1875 des « Débats parlementaires, Chambre des Députés », la question et la réponse qui suivent :

13491. — M. Victor Constant (Haute-Loire), député, demande à M. le ministre des Finances si un commerçant (particulier ou société) ayant un certain nombre de succursales confiés à des gérants, dont la comptabilité est centralisée quotidiennement au siège social, lequel seul, commande, achète, paye, doit faire les déclarations mensuelles de son chiffre d'affaires au lieu de chacune des succursales, ou simplement une déclaration mensuelle unique faite au lieu de son siège social et divisée par succursales. (Question du 23 mai 1922.)

Réponse. — Les dispositions de l'article 12 du décret du 24 juillet 1920 suivant lesquelles, si un redevable possède, indépendamment de son établissement principal, une ou plusieurs agences ou succursales, chacune de ces agences ou succursales doit produire un relevé des affaires qu'elle a effectuées, ne souffrent d'exception que dans l'hypothèse où le gérant d'une succursale se borne à transmettre les commandes ou à en assurer l'exécution, sans facturer ni encaisser, toute la comptabilité étant tenu au siège social, car il ne s'agit pas alors à proprement parler d'une succursale. Dans tous les autres cas, le texte précité doit recevoir son application. Il est admis toutefois que les relevés mensuels peuvent être établis, pour chaque succursale par les soins de l'établissement principal, sous cette réserve que chaque relevé doit être transmis avec le montant de l'impôt, au bureau dans le ressort duquel la succursale est placée.

Sur l'établissement de l'impôt sur les bénéfices commerciaux aux ventes d'objets soumis à la taxe de luxe.

Le « Journal officiel » du 17 juin 1922 publie, page 1875 des « Débats parlementaires, Chambre des Députés », la question et la réponse qui suivent :

13756. — M. Raoul Anglès, député, demande à M. le ministre des Finances si les sommes payées au titre de la taxe de luxe ne doivent pas être défalquées du chiffre d'affaires servant de base à l'impôt cédulaire. (Question du 26 mai 1922.)

Réponse. — Lorsque l'impôt sur les bénéfices industriels et commerciaux est établi d'après le bénéfice réel des exploitants, ce bénéfice doit être déterminé sous déduction de toutes les charges qui grèvent l'entreprise, notamment les impôts y afférents et parmi lesquels figure l'impôt sur le chiffre d'affaires institué par la loi du 25 juin 1920 et perçu soit au taux de 1,10 soit au taux de 10 p. 100 Mais, dans le cas où le bénéfice qui sert de base à l'impôt est évalué par l'application d'un coefficient au chiffre d'affaires, ce dernier élément doit s'entendre du montant total des ventes réalisées ; il ne peut être question d'en déduire la fraction correspondant au montant de l'impôt sur le chiffre d'affaires incorporé au prix de vente, et c'est le coefficient de bénéfice net qui doit être fixé de manière à tenir compte de toutes les charges de l'entreprise.

Digitized by Google

REVUE GÉNÉRALE DE L'ÉLECTRICITÉ

Organe de l'Union des Syndicats de l'Électricité

réunissant

LA REVUE ÉLECTRIQUE 1904-1916 — LA LUMIÈRE ÉLECTRIQUE 1879-1916

DIRECTEUR : J. BLONDIN, Agrégé de l'Université.

6e ANNÉE. — TOME XII. — N° 12. — 23 SEPTEMBRE 1922.

Chronique. — Conférence internationale de Bibliographie et de Documentation. — Bibliographie : Annales des Postes, Télégraphes et Téléphones, p. 417-418.

Frédéric Laporte, p. 419.

Section scientifique et technique. — Construction et emploi des abaques de 1914 de M. Blondel pour le calcul mécanique des conducteurs des lignes électriques aériennes, par A. NOUGUIER, p. 421. — Revues, analyses et informations : Au sujet des dépressions résultant d'une rupture dans une conduite forcée, p. 431 ; Sur la résistance des couches conductrices minces électrisées, p. 432 ; Sur la relation entre les phénomènes photo-électriques et la tension superficielle du mercure, p. 432.

Section industrielle. — Application de la méthode chromophotographique de l'écoulement de l'eau en déversoir, par P. MORIN, p. 433. — La construction électrique française et la construction étrangère, par P. BUNET, p. 439. — Revues, analyses et informations : La compensation du déphasage, principalement en ce qui concerne les moteurs polyphasés, p. 443 ; Propriétés caractéristiques des transformateurs, p. 449 ; Compte rendu du concours du « Carburant national », fait à Béziers, du 2 au 9 avril 1922, p. 450.

Section économique et financière. — Le nouveau régime des sociétés d'assurances mutuelles, par FERNAND-JACQ, p. 451. — Assemblées générales : Société des Forces motrices de la Vis, p. 452 ; Société nantaise d'Eclairage et de Force par l'Electricité, p. 452.

Section de législation. — Les arbres, leur chute et la responsabilité du propriétaire à l'égard des distributeurs d'énergie, par Paul BOUGAULT, p. 453. — Législation, jurisprudence, réglementation : Loi réglementant le privilège du Trésor pour le recouvrement de la contribution extraordinaire sur les bénéfices de guerre, p. 456.

Conférence internationale de Bibliographie et de Documentation. — La question du classement des documents scientifiques, techniques et commerciaux, qui prend chaque jour une importance pratique de plus en plus considérable en raison de l'abondance toujours croissante des documents, nous a amené à parler ici à plusieurs reprises (1) du système de classification décimale, utilisé par l'Américain Melvil Dewey pour les répertoires des bibliothèques des Etats-Unis et adopté par l'Institut international de Bibliographie, (2) dont le siège est à Bruxelles, dans son « Manuel du Répertoire bibliographique universel ».

Entravés, sinon complètement interrompus, par la guerre, les travaux de l'Institut international de Bibliographie ont repris, dès 1919, avec une activité d'autant plus grande que la guerre elle-même a montré, en bien des circonstances, la nécessité d'une documentation sûre et rapide. En 1920, l'Institut organisait une Conférence internationale de Bibliographie et de Documentation, qui se tint à Bruxelles du 7 au 10 septembre 1920 et que nous avons signalée en son temps (1). En 1921 eurent lieu deux nouvelles réunions de cette Conférence, toujours à Bruxelles, la première les 28 et 29 août, la seconde, les 1er et 2 octobre. En 1922 vient de se tenir, les 1er et 2 septembre, une nouvelle session (2).

(1) Parmi les articles et notes relatifs à la classification qui ont été publiés dans ces colonnes, rappelons les suivants :
La documentation industrielle, 6 janvier 1917, t. I, p. 1 D et 2 D ;
Le classement des documents, 13 janvier 1917, t. I, p. 10 D à 12 D ;
A propos de la documentation de la *R. G. E.*, 21 avril 1917, t. I, p. 601 ;
La documentation électrotechnique et sa classification décimale, 21 février 1920, t. VII, p. 250.
Application de la classification décimale à l'électrotechnique, 21 février 1920, t. VII, p. 273-274.
La classification décimale, 7 janvier 1922, t. XI, 1 D et 2 D.

(2) En France l'Institut international de Bibliographie est représenté par le Bureau bibliographique de Paris, 44, rue de Rennes, qui, sous la direction du général Sébert, s'est donné pour mission de collaborer aux publications du répertoire bibliographique universel, spécialement pour les sciences pures et appliquées et la documentation technique et industrielle. Le Bureau bibliographique de Paris est actuellement en voie de réorganisation et de développement d'après le plan exposé dans le rapport adopté par le Congrès général du génie civil en 1918, rapport présenté par le général Sébert et qui a été signalé dans la *Revue générale de l'Electricité*, du 15 juin 1918, t. III, p. 885.

(1) *Revue générale de l'Electricité*, 14 août, 4 septembre, 2 octobre 1920, t. VIII, p. 26 B, 298 et 433. Un compte rendu détaillé des séances de cette conférence a été publié dans le *Bulletin de la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale*, novembre-décembre 1920, p. 930-938.

(2) A l'occasion de cette session de la Conférence internationale, le Bureau bibliographique de Paris a tenu, le 6 juillet 1922, une séance dans laquelle ont été discutées les propositions à soumettre à la Conférence internationale. Un compte rendu de cette séance sera publié dans le prochain numéro du *Bulletin de la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale*.

Digitized by Google

L'ordre du jour de cette dernière session indiquait la discussion des questions suivantes :

I. *Section scientifique.* — a) Communications et commentaires des récents projets et développements des tables de la classification décimale;

b) Principes généraux qui doivent servir à ces développements; extension des tables des subdivisions communes, notamment celles du lieu et du point de vue;

c) Rapport de la classification bibliographique avec la classification scientifique, avec la terminologie, la notation, les caractéristiquees et les schémas;

d) Extensions des applications de la classification décimale : archives administratives, commerciales et industrielles, brevets d'invention, statistique, jurisprudence des cours et tribunaux; classement des cas de la pratique professionnelle.

II. *Section de l'organisation.* — a) Centralisation des travaux élaborés en coopération : répertoires spéciaux, locaux et internationaux;

b) Les conseils nationaux et les associations internationales dans le plan général de coopération;

c) Réforme des publications périodiques en fonction du plan général;

d) Moyens de publier prochainement la nouvelle édition des Tables de classification et du Manuel des méthodes;

e) Le Catalogue international de la Littérature scientifique dans ses rapports avec le Répertoire bibliographique universel;

f) L'Institut international de Bibliographie et l'organisme du travail intellectuel à créer au sein de la Société des Nations.

Un compte rendu détaillé des communications et discussions auxquelles ont donné lieu ces diverses questions n'aurait qu'un intérêt médiocre pour la plupart de nos lecteurs, même pour ceux, déjà relativement nombreux, qui utilisent ou se proposent d'utiliser la classification décimale de leurs documents et archives. Bornons-nous dès lors à signaler quelques faits, communiqués à la Conférence, qui montrent l'extension que prend peu à peu ce mode de classement.

Les grandes administrations gouvernementales de Hollande ont adopté la classification décimale de tous leurs documents et de toutes les pièces de leur correspondance, non seulement dans leurs bureaux centraux, mais encore dans les bureaux locaux des plus petites communes du royaume; les résultats obtenus au point de vue du temps gagné dans la recherche et la collation des documents sont des plus satisfaisants. Il en est résulté une extension considérable de la classification décimale dans beaucoup d'entreprises privées néerlandaises : notamment la maison Philipps l'applique à ses documents concernant les lampes à incandescence et, d'accord avec l'Institut néerlandais, elle étudie l'extension des tables concernant l'éclairage électrique; une des plus grandes compagnies pétrolières l'applique aussi; les brevets sont également classés décimalement, etc. D'autre part, l'Institut néerlandais s'est mis en relation avec les directeurs d'entreprises des empires centraux qui, avant la guerre, se préoccupaient déjà de l'introduction de la classification décimale dans leurs services et il a été annoncé que le Dr Lasche l'utilisait dans les services de l'Allgemeine Elektricitaets Gesellschaft, et qu'un certain nombre d'autres applications étaient à l'étude ou en voie de réalisation en Allemagne.

Quant aux bibliothèques qui ont adopté la classification décimale de leurs ouvrages, leur nombre augmente rapidement. En France il convient de citer : la Bibliothèque de la Guerre, de Lyon; la Bibliothèque municipale de Levallois-Perret; la Bibliothèque de la Chambre des Députés; et diverses autres bibliothèques municipales ou privées. En Portugal, la Bibliothèque de Lisbonne. En Russie, les soviets ont été plus radicaux : ils ont ordonné la réfection, dans un délai de deux ans au plus, des catalogues de toutes les bibliothèques publiques de la Russie sur la base de la classification décimale et ont organisé, à l'Université de Moscou, des cours où sont enseignés les principes du classement des documents et particulièrement ceux de la classification décimale.

Ainsi que nous le disions plus haut, la classification décimale des documents scientifiques et techniques est appliquée avec succès dans diverses sociétés industrielles hollandaises et allemandes. On sait qu'elle est employée depuis quelque temps déjà dans la maison suisse Brown, Boveri et Cie, de Baden (1). Les Forges et Ateliers de Constructions électriques, de Jeumont (Belgique), l'ont mise en application dans leurs services techniques. En France, elle est utilisée par la Sociétés des Transports en commun de la Région parisienne, l'Office central d'Etudes de Matériel de Chemins de fer, la Compagnie centrale des Chemins de fer, les Ateliers Citroën, les Ateliers Renault, etc.; la librairie Dunod dans sa bibliographie trimestrielle : « Les nouveaux livres scientifiques et industriels » l'emploie également.

Ces quelques exemples montrent que la classification décimale, sans être parfaite — la perfection ne pouvant être réalisée — est néanmoins assez souple pour pouvoir s'adapter aux circonstances les plus variées.

Bibliographie : Annales des Postes, Télégraphes et Téléphones (2). — L'administration française des Postes et Télégraphes publie, sous ce titre, un bulletin technique qui paraît tous les deux mois et est rédigé sous le contrôle d'une commission nommée par le ministre. Cette publication compte, parmi ses collaborateurs, les personnalités les plus autorisées; elle tient ainsi ses lecteurs constamment au courant de la technique télégraphique et téléphonique de tous les pays.

Les Annales des Postes, Télégraphes et Téléphones forment, par an, un volume d'environ 1 200 pages, qui constitue une documentation technique de premier ordre sur tous les progrès réalisés en matière télégraphique, téléphonique ou postale, ainsi que sur les travaux et recherches en cours dans les laboratoires français et étrangers.

(1) *R. G. E.*, 21 février, 1920, t. VII, p. 273-274.

(2) Edité par la Librairie de l'Enseignement technique, 3, rue Thénard, à Paris. Prix de l'abonnement annuel : 24 fr pour la France et ses colonies; 27 fr pour l'étranger.

Digitized by Google

Frédéric Laporte

Décédé le 17 juillet 1922, dans sa 55e année, Frédéric Laporte s'était acquis dans diverses questions concernant l'électricité, notamment dans celles relatives aux lampes électriques et à la photométrie, aux accumulateurs, aux unités électriques, une compétence qui l'avait fait déléguer par le Laboratoire central d'Electricité de la Société française des Electriciens, dans toutes les réunions internationales où ces questions étaient mises en discussion. Le discours reproduit ci-dessous, prononcé à ses obsèques, par M. Janet, directeur du Laboratoire central d'Electricité, avec qui Laporte, sous-directeur de ce Laboratoire, collabora pendant vingt-sept ans, rappellera à nos lecteurs les faits principaux de sa carrière scientifique.

MADAME,

Voulez-vous me permettre d'adresser ici, au nom du Laboratoire central d'Electricité, un dernier adieu et un dernier hommage à celui qui, pendant vingt-sept ans fut mon très fidèle et très habile collaborateur. Elever la voix en présence d'une tombe encore entr'ouverte est une œuvre de choix, qui veut beaucoup de recueillement ; douloureusement frappés nous-mêmes par cette fin si cruelle, nous sentons trop bien combien des paroles indifférentes ou banales risqueraient d'aviver une douleur plus profonde encore devant laquelle nous nous inclinons respectueusement ; aussi voudrions-nous prendre comme modèle la discrétion et la sobriété qui furent toujours les qualités dominantes de notre Ami, et ne dire ici que ce que son extrême modestie aurait accepté.

Frédéric LAPORTE
Ingénieur civil des Mines,
Sous-directeur du Laboratoire central d'Electricité,
Chevalier de la Légion d'Honneur ; Officier de l'Instruction publique.
1867-1922

Frédéric Laporte est entré au Laboratoire central d'Electricité en qualité de chef de travaux presque le jour même où j'en prenais la direction, en août 1895.

A sa sortie de l'Ecole Polytechnique et de l'Ecole des Mines, après un court passage dans l'industrie, son goût naissant pour l'électricité, cette science dont on commençait alors à prévoir les immenses développements, l'avait sans doute conduit vers cet établissement fondé par la Société française des Electriciens, établissement unique en son genre en France, qui, lui aussi, en pleine indépendance, cherchait sa voie et était bien fait pour tenter l'activité de jeunes hommes désireux d'allier, dans une juste proportion, la science pure à ses applications.

Dès cette époque, le travail se partagea à peu près spontanément, suivant les goûts et les aptitudes de chacun, entre les divers ingénieurs, alors bien peu nombreux, attachés au Laboratoire. Tout en prenant une part active aux travaux généraux, ce qu'il ne devait jamais cesser de faire jusqu'à la fin de sa vie, Laporte se consacra tout particulièrement aux recherches de photométrie : les diverses sources de lumière électrique, si éclatantes, si variées, soulevaient une multitude de problèmes, auxquels il s'attaqua avec ardeur ; c'est ainsi qu'il recueillit un grand nombre de données numériques aujourd'hui classiques, sur les lampes à arcs. Tous ces travaux qui, plus tard devaient avoir la haute sanction d'un prix à l'Académie des Sciences et, au moins autant ses qualités personnelles devant lesquelles tous s'inclinaient, le désignèrent à l'attention de ses chefs et, en 1901, il recevait le titre de sous-directeur du Laboratoire. Le côté administratif que semblait indiquer ce titre était bien simplifié par l'excellente camaraderie de tous ceux qui se dévouaient à l'œuvre commune. Aussi Laporte put-il continuer et développer ses occupations scientifiques et techniques qui convenaient véritablement à son esprit méthodique et scrupuleux.

C'était l'époque où de grandes espérances étaient fondées sur les sous-marins et les submersibles, que les admirables recherches des ingénieurs français venaient de créer. L'âme de ces engins si nouveaux et si puissants, réside comme on le sait, dans les batteries d'accumulateurs qu'ils recèlent dans leurs flancs. Rechercher les qualités et les défauts de ces appareils, les éprouver sous les régimes les plus variés et les plus durs, telle fut l'œuvre que le Ministère de la Marine, dès 1900, proposa au Laboratoire central d'Electricité. Frédéric Laporte vit là un

Digitized by Google

nouveau champ pour son activité et désormais se partagea entre ces deux questions bien différentes, les accumulateurs et la photométrie; tant il est vrai que les esprits d'élite longuement préparés par une culture générale étendue et solide, peuvent apporter les mêmes qualités et les mêmes succès à des problèmes en apparence très opposés, mais dans lesquels la sûreté de la méthode amène la sûreté des résultats.

Mais au-dessus de ces occupations qui auraient pu suffire à bien d'autres, un rôle plus important était réservé à Laporte. Son autorité grandissante dépassait bientôt les limites de notre pays et le désignait tout particulièrement pour représenter le Laboratoire dans les relations internationales qui, d'année en année, devenaient plus nombreuses.

L'unification des unités et des étalons employés dans les branches diverses de la science constitue l'une des questions les plus importantes que doivent résoudre les conférences internationales. En particulier, pour la photométrie, de grandes incertitudes régnaient encore, car que peut-on trouver de plus subtil et de plus difficile à définir que l'intensité d'une source lumineuse.

En 1907, à la Commission internationale de Photométrie, réunie à Zurich, Laporte présentait un remarquable rapport sur la comparaison des principaux étalons à flamme en usage dans les divers pays. Depuis cette époque, il devait rester l'âme de cette Commission, et en 1913, à Berlin, il prit la part la plus active à la préparation des statuts destinés à en élargir la constitution et la transformer en Commission internationale de l'Eclairage.

Mais le Laboratoire ne pouvait oublier qu'il était aussi le dépositaire, en France, des étalons électriques et se devait de prendre part aux travaux internationaux sur ce sujet : encore une fois je dus faire appel à l'inépuisable dévouement de Laporte. Grâce à lui et à ses excellents collaborateurs, d'importantes recherches sur ces sujets difficiles purent être entreprises et menées à bonne fin, de sorte que, lorsqu'en 1910 l'Amérique prit l'initiative de convoquer à Washington des représentants des différents pays pour entreprendre des travaux d'ensemble sur les étalons électriques, ce fut Laporte que nous désignâmes avec la plus entière confiance pour représenter la France dans ces circonstances difficiles. A la suite d'expériences longues et délicates, qui durèrent plusieurs mois, Laporte fut, à l'unanimité, désigné par ses collègues étrangers, venus de différents pays, pour rédiger, résumer et discuter les résultats obtenus, hommage éclatant rendu à la clarté et à la précision de l'esprit français si bien représenté par notre ami.

Ce fut au milieu de ces travaux paisibles que la guerre le surprit. Capitaine d'artillerie de réserve, il rejoignit dès la mobilisation sa batterie et fut envoyé au fort de Brimont, près de Reims. Je l'ai entendu raconter, avec quelle émotion, lors de l'avance allemande, il reçut l'ordre de détruire des pièces trop lourdes pour être évacuées rapidement et qui ne devaient pas être livrées à l'ennemi; puis survinrent des marches forcées, des efforts excessifs qui dépassaient la limite des forces d'un travailleur de laboratoire dont la santé, toujours bonne jusque là, devait alors être irrémédiablement compromise. Il n'en faut pas douter, celui que nous pleurons aujourd'hui, est encore, comme tant d'autres, une victime de la grande guerre, et il aurait droit au glorieux drap tricolore qui a enseveli tant de héros. Envoyé au front dans la région de Verdun, il ne put résister et dut être évacué sur Dijon. Quand il fut, au moins en apparence, à peu près rétabli, l'autorité militaire le désigna pour l'instruction des jeunes officiers à Fontainebleau. Mais le Ministère de la Marine, préoccupé des progrès de la guerre sous-marine, venait de demander au Laboratoire central d'Electricité de reprendre avec une nouvelle ampleur, ses travaux sur les accumulateurs des sous-marins. A la fin de 1916, je demandai et j'obtins le rappel de Laporte pour des recherches auxquelles tout son passé le désignait et auxquelles, on peut le dire, dans son ardent désir d'être utile à son pays, il a consacré avec une abnégation complète les derniers restes d'une santé chancelante.

Ces admirables qualités furent, en 1917, récompensées par la croix de la Légion d'honneur, qu'il reçut à titre militaire; ce fut un des derniers rayons qui éclaira sa vie, et la chaleureuse affection avec laquelle tous ses collègues et amis du Laboratoire lui apportèrent leurs félicitations lui montrèrent que la distinction qu'il venait de recevoir était attendue et désirée de tous.

Mais, si tout cela devait être rappelé, que valent devant la grandeur de la mort, tous ces souvenirs d'une vie pourtant bien remplie. N'aurais-je pas dû plutôt, parler du caractère et du cœur de notre Ami, de tout ce qui faisait sa vie morale, de tout ce qui dépasse, de si haut et de si loin, la valeur des occupations journalières. Mais ai-je le droit de pénétrer dans un domaine qui ne m'appartient pas? Dirai-je seulement, avec une émotion discrète, ce que j'ai cru entrevoir de cette âme infiniment délicate qui ne se livrait pas? Une sensibilité extrême, sous une apparence de froideur et de réserve, une vie de cœur intense, mais se respectant à tel point qu'elle cherchait à se dérober aux regards profanes, un sentiment si inflexible du devoir qu'il en devenait la trame même de sa vie, enfin une haute et belle religion puisée dans de pures traditions de famille où brille le nom d'Ozanam et de Récamier, qui a été à la fois un soutien et un guide, et a doucement amené vers sa fin celui qui vivra toujours dans notre souvenir, tels sont les traits que nous avons démêlés dans l'âme transparente de Frédéric Laporte.

Mais, hâtons-nous de refermer le voile un instant entr'ouvert du sanctuaire de sa vie intérieure. Ce que nous en avons dit suffira je pense, pour prouver à une épouse admirable, à des enfants qui étaient toute sa joie et tout son espoir, que nous comprenons et que nous partageons leur douleur. N'est-ce pas là, hélas, le seul adoucissement qu'il nous soit permis de leur apporter dans ce jour de deuil irréparable?

Digitized by Google

SECTION SCIENTIFIQUE & TECHNIQUE

Construction et emploi des abaques de 1914 de M. Blondel pour le calcul mécanique des conducteurs des lignes électriques aériennes

Beaucoup d'ingénieurs continuent à employer les anciennes méthodes de M. Blondel, pour le calcul mécanique des conducteurs des lignes électriques aériennes, sans connaître, ou sans apprécier à sa juste valeur, malgré sa supériorité incontestable, la nouvelle méthode préconisée par M. Blondel en 1914. L'exposition suivante de cette dernière a pour but de la vulgariser. Elle se termine par des conclusions, qui peuvent suffire aux lecteurs, qui n'ont pas le temps d'en étudier la théorie.

Introduction. — Depuis 1902, tous les ingénieurs, qui ont à étudier des lignes électriques aériennes, se servent des méthodes graphiques de M. Blondel, pour le calcul mécanique des conducteurs.

Ces méthodes ont été, depuis 1902, plusieurs fois remaniées par leur auteur et ont abouti, en 1914, à la solution qui paraît la plus pratique et définitive. Elles ont fait l'objet d'une série d'articles qui ont été réunis après coup dans une brochure (en vente à la Librairie de la « R. G. E. ».) (1).

Il en résulte que, dans cette brochure, la solution de 1914 n'apparaît que comme la dernière évolution des méthodes précédentes et ne peut pas facilement être étudiée indépendamment de celles-ci.

Le but du travail qui suit est précisément d'exposer cette méthode 1914 d'une manière directe, de façon à en faciliter l'étude et à en vulgariser l'emploi.

L'exposition peut paraître un peu longue ; mais, ainsi qu'on le verra dans les conclusions, *elle aboutit à des règles pratiques si simples et si commodes, qu'il semble difficile d'imaginer une meilleure méthode.*

Remarques sur l'équation aux changements de conditions. — Nous emploierons les notations suivantes :

a, portée ou distance horizontale, en mètres, entre les deux points d'attache du conducteur ;

θ, température du conducteur, exprimée en degrés centigrades ;

d, diamètre du conducteur, en millimètres ;

s, section du conducteur, en millimètres carrés ;

p, poids du conducteur, en kilogrammes par mètre de longueur ;

q, effort du vent sur un mètre de longueur du conducteur, en kilogrammes ;

p', résultante de p et de q, en kilogrammes ;

$\varpi = \frac{p'}{s}$, résultante du poids du conducteur et de l'effort du vent sur lui, par mètre de longueur et par millimètre carré de section (se réduit à $\frac{p}{s}$ lorsque $q = 0$) ;

T, effort de tension du conducteur, au point le plus bas, en kilogrammes ;

t, tension unitaire du conducteur, au point le plus bas, en kilogrammes par millimètre carré ;

α, coefficient de dilatation du métal du conducteur ;

E, module d'élasticité du métal du conducteur, en kilogrammes par millimètre carré.

Pour passer d'un état caractérisé par les constantes t_1, ϖ_1 et θ_1 où t_1 est connu, à un autre caractérisé par t_2, ϖ_2 et θ_2 et pour lequel t_2 est inconnu, nous utilisons l'équation de changement de condition

$$\alpha(\theta_2 - \theta_1) = \frac{a^2}{24}\left(\frac{\varpi_2^2}{t_2^2} - \frac{\varpi_1^2}{t_1^2}\right) - \frac{t_2 - t_1}{E}; \qquad (1)$$

elle peut encore s'écrire comme il suit

$$\theta_1 + \frac{t_1}{\alpha E} - \frac{\varpi_1^2 a^2}{24\alpha t_1^2} = \theta_2 + \frac{t_2}{\alpha E} - \frac{\varpi_2^2 a^2}{24\alpha t_2^2}. \qquad (2)$$

Elle exprime, sous cette forme, que la fonction

$$\theta + \frac{t}{\alpha E} - \frac{\varpi^2 a^2}{24\alpha t^2}, \qquad (3)$$

ne change pas de valeur, quand les conditions de température et de surcharge changent, pourvu que la portée a et le réglage de la ligne ne soient pas modifiés.

En d'autres termes, on a

$$\theta + \frac{t}{\alpha E} - \frac{\varpi^2 a^2}{24\alpha t^2} = \text{Cte}. \qquad (4)$$

Mais, si l'on détendait (ou si l'on retendait) un peu la ligne, en allongeant (ou en raccourcissant) un peu le

(1) Nous publions p. LVIII de ce numéro (en face la Documentation) un erratum, qui nous a été communiqué par M. A. Blondel, au sujet de cette brochure.

Digitized by Google

conducteur à l'un des points d'attache, la constante du second membre de l'équation (4) changerait de valeur. On peut donc dire qu'à chaque régime de pose correspond une valeur de cette constante.

Construction des abaques de 1914 de M. Blondel. — Les abaques de 1914 sont fondés sur le tracé des lignes représentées par l'équation

$$y = -\frac{t}{\alpha E} + \frac{\varpi^2 x^2}{24\alpha t^2}. \qquad (5)$$

Si l'on convient que les ordonnées y représentent les températures et que les abscisses x représentent les portées, on voit que, pour chaque valeur a de x, cette équation (5) n'est autre que l'équation (4) dont la constante formant le second membre est égale à zéro.

En d'autres termes, l'auteur choisit l'origine des températures de façon que la constante de l'équation (4) soit nulle.

Il porte alors en ordonnées les températures comptées à partir de cette origine et en abscisses les *carrés* des portées.

Mais au lieu d'inscrire ces carrés, il inscrit les portées elles-mêmes.

Il obtient ainsi, pour chaque valeur de t, une ligne droite représentée par l'équation (5) et, pour toute une série de valeurs de t, comprises dans les limites usuelles, une famille de lignes droites, chacune d'elle caractérisée par la valeur de t qui lui correspond. Ces droites sont appelées des *isotases* (lignes d'égale tension).

Bien entendu, il détermine seulement deux points de chaque droite et choisit pour cela les points extrêmes : celui qui correspond à la portée nulle et celui qui correspond à la portée maximum A pour laquelle l'abaque est construit.

Le premier de ces points a pour ordonnée

$$-\frac{t}{\alpha E},$$

et le second,

$$-\frac{t}{\alpha E} + \frac{\varpi^2 A^2}{24\alpha t^2}.$$

Pour faciliter le calcul de ces ordonnées, des tableaux ont été établis, donnant les valeurs de $-\frac{t}{\alpha E}$ et de $\frac{\varpi^2 A^2}{24\alpha t^2}$, pour les différentes valeurs de t. Ces tableaux sont reproduits à la fin de la présente étude.

Sur chacune des isotases, ainsi déterminées, M. Blondel marque les points qui correspondent à une certaine valeur de la flèche (1 m, par exemple), en déterminant la portée pour laquelle, sous la tension t de l'isotase considérée, la flèche a cette valeur.

Cette portée est donnée par l'équation

$$x = \sqrt{\frac{8ft}{\varpi}}. \qquad (6)$$

Il réunit ensuite, entre eux, tous les points correspondant à une même flèche, par une courbe qu'il appelle *isokoïle* (ligne d'égal creux) et qui est ainsi caractérisée par la valeur de la flèche à laquelle elle correspond.

De temps en temps, par exemple, pour les portées de 50 m ou de 100 m, il fait une vérification au moyen de l'équation de l'isokoïle elle-même, équation qui s'obtient en éliminant t entre l'équation (5) de l'isotase générale et celle de la flèche qui est

$$f = \frac{\varpi x^2}{8t}.$$

Cette élimination donne

$$y = \frac{8f^2}{3\alpha x^2} - \frac{\varpi x^2}{8\alpha Ef}.$$

Cette équation générale des isokoïles est du quatrième degré en x. Mais, comme les abscisses de l'abaque sont, par construction, proportionnelles aux carrés de x, la courbe qui correspond à cette équation sur l'abaque est une hyperbole, dont le centre est à l'origine O des coordonnées et qui a pour asymptotes l'axe Oy et la droite

$$y = -\frac{\varpi x^2}{8\alpha Ef}.$$

On pourrait donc construire chaque isokoïle graphiquement, si on le voulait, au moyen de ses asymptotes et d'un premier point déterminé par le calcul, comme il est dit ci-dessus.

En définitive, l'abaque comporte les températures en ordonnées (avec zéro spécial), les portées (en réalité leurs carrés) en abscisses et deux familles de lignes : les isotases et les isokoïles.

M. Blondel appelle *isomètre a* (ligne d'égale portée) la droite

$$x = a.$$

parallèle à l'axe Oy.

L'emploi d'une origine spéciale pour les températures n'a aucun inconvénient, car, ainsi que nous le verrons dans la suite, on n'a jamais à considérer que des *différences de températures* et il suffit que l'unité de température soit bien le degré centigrade, comme cela a lieu, en effet, dans les abaques de M. Blondel.

La figure 1 représente un abaque ainsi construit, pour des conducteurs de cuivre dur, avec un coefficient d'élasticité $E = 13\,000$ kg : mm² (1). Le coefficient d'élasticité 8 500 kg : mm² est relatif aux *câbles* de cuivre dur et le coefficient d'élasticité 13 000 kg : mm² est relatif aux *fils* de cuivre dur. Mais, il a été reconnu qu'il était préfé-

(1) L'abaque de 1910 ne diffère des abaques 1914 que parce qu'il est construit pour un coefficient d'élasticité $E = 8\,500$ kg : mm².

Digitized by Google

rable de toujours faire les calculs avec le coefficient d'élasticité des fils, même pour les câbles, parce que, dès que ceux-ci ont pris leur allongement, c'est-à-dire, aussitôt après la pose, ils travaillent à peu près dans les mêmes conditions que les fils et on a l'avantage d'une sécurité plus grande.

Distance verticale de deux points de l'abaque situés sur la même isomètre. — Nous allons voir maintenant le principe général sur lequel est fondé l'emploi de l'abaque.

Considérons (fig. 2) deux points m et n de l'abaque, correspondant à la même portée a, le premier sur l'isotase t_1 et le second sur l'isotase t_2.

Soient y_m et y_n les ordonnées des deux points m et n.

Il convient de bien remarquer que y_m et y_n sont des ordonnées lues sur l'abaque et non pas des valeurs de températures réelles dans un premier et un second régime.

D'après la construction même de l'abaque, on a

$$y_m = -\frac{t_1}{\alpha E} + \frac{\varpi^2 a^2}{24\alpha t_1^2}, \quad (7)$$

et

$$y_n = -\frac{t_2}{\alpha E} + \frac{\varpi^2 a^2}{24\alpha t_2^2}, \quad (8)$$

ϖ *étant le coefficient de charge du conducteur pour lequel l'abaque est construit* ($\varpi = 0{,}0089$ pour le cuivre dur et $\varpi = 0{,}00275$ pour l'aluminium).

La distance verticale mn, entre les points m et n, est

$$mn = y_n - y_m,$$

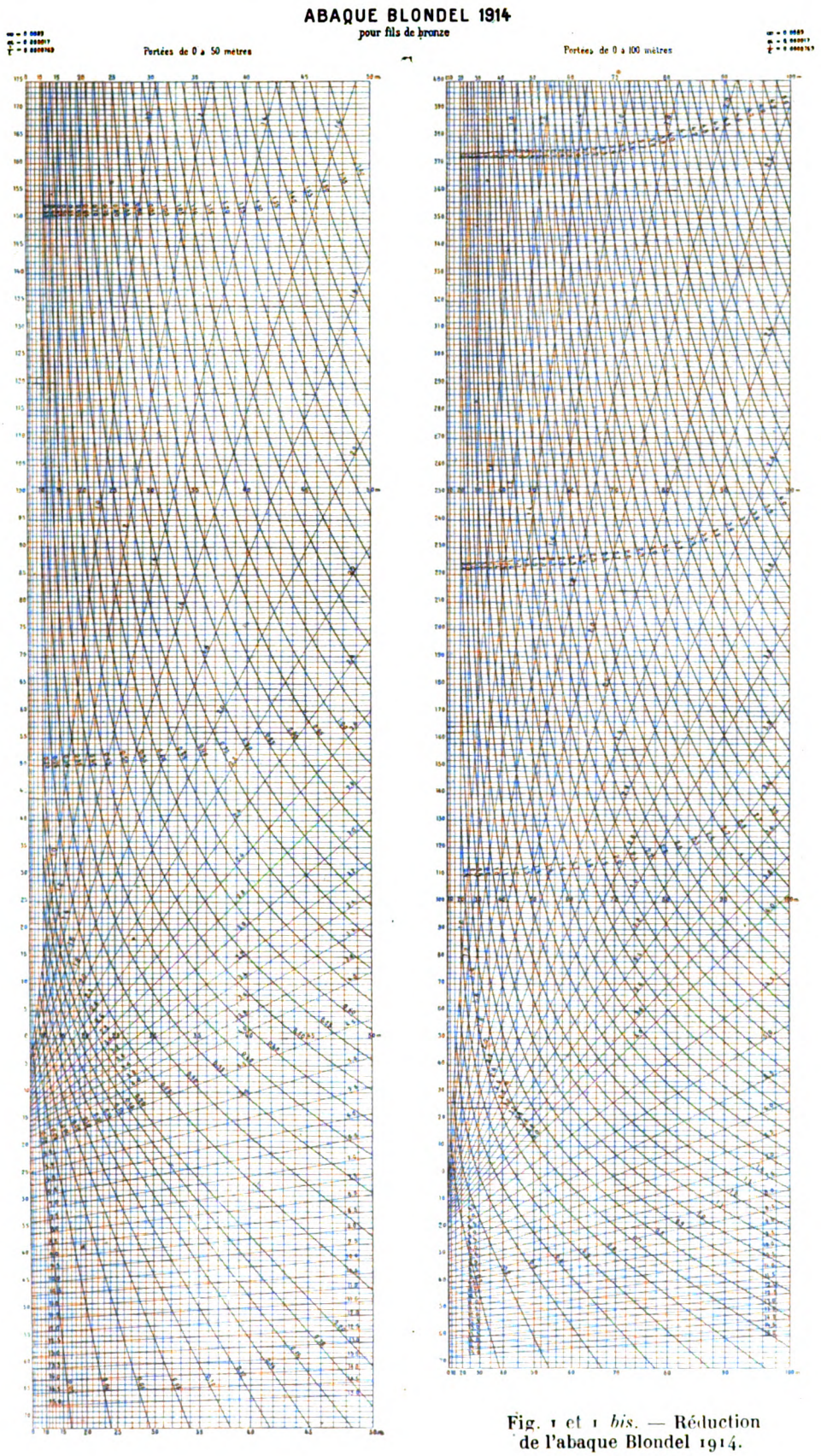


Fig. 1 et 1 *bis*. — Réduction de l'abaque Blondel 1914.

Digitized by Google

c'est-à-dire

$$mn = -\frac{t_2}{\alpha E} + \frac{t_1}{\alpha E} + \frac{\varpi^2 a^2}{24\alpha t_2^2} - \frac{\varpi^2 a^2}{24\alpha t_1^2}. \qquad (9)$$

Passage d'un régime à un autre. — Cela étant, considérons deux régimes caractérisés par les quantités étudiées ci-dessus affectées de l'indice 1 ou 2, l'indice 1 correspondant au régime où la tension, et par conséquent la flèche, sont connues, et l'indice 2 au régime où la tension et la flèche sont inconnues.

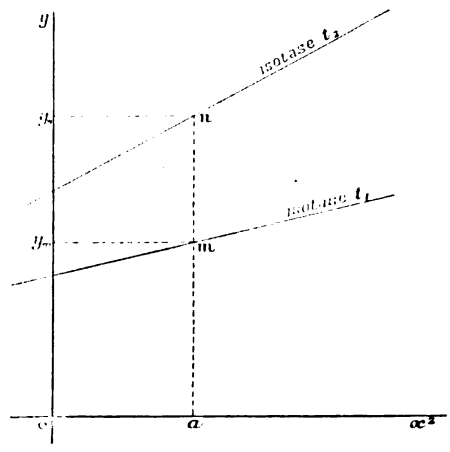


Fig. 2.

Sur l'isomètre a, le premier régime est représenté par un point m et le second régime par un point n et la distance mn est donnée par la relation (9).

Mais, θ_1 et θ_2 étant réellement les températures des deux régimes, on a, entre ces deux régimes, l'équation aux changements de conditions (2), qui nous permet d'éliminer de l'équation (9) l'ensemble des deux termes en $\frac{t}{\alpha E}$. On obtient ainsi :

$$mn = \theta_2 - \theta_1 + (\varpi_2^2 - \varpi^2)\frac{a^2}{24\alpha t_2^2} + (\varpi_1^2 - \varpi^2)\frac{a^2}{24\alpha t_1^2}. \qquad (10)$$

Dans cette relation, ϖ est toujours la valeur du coefficient de charge du conducteur pour laquelle l'abaque a été construit.

Si, pour le régime dans lequel la tension n'est pas connue (régime 2), le coefficient de charge ϖ_2 se trouve précisément égal à celui ϖ, pour lequel l'abaque est construit, la tension inconnue t_2 disparaît de l'équation (10); celle-ci se réduit simplement à

$$mn = \theta_2 - \theta_1 + (\varpi_1^2 - \varpi^2)\frac{a^2}{24\alpha t_1^2}, \qquad (11)$$

et il est alors très facile de calculer mn, c'est-à-dire de passer, sur l'abaque, du point connu m au point inconnu n et, par conséquent, de trouver sur l'abaque la tension inconnue t_2, qui est celle de l'isotase qui passe par le point n.

C'est ce qui arrive quand on veut déterminer les lignes de sécurité dont nous parlerons tout à l'heure.

Nous verrons plus tard le cas où, pour le régime auquel la tension est inconnue, le coefficient de charge ϖ_2 n'est pas égal à celui ϖ, pour lequel l'abaque est construit.

Prescriptions réglementaires françaises. — Les prescriptions réglementaires françaises pour la construction des lignes électriques aériennes sont fixées par l'arrêté du ministre des Travaux publics du 30 juillet 1921 et commentées par la circulaire ministérielle portant la même date.

Elles ont pour base la considération de deux régimes de travail maximum du métal des conducteurs. Ces deux régimes sont les suivants :

1° *Régime* V (ou régime de vent maximum). — Il est caractérisé par la température moyenne de la région et un vent produisant une surcharge de 120 kg par mètre carré de surface plane, ou de 72 kg par mètre carré de section diamétrale (ou longitudinale) des pièces à section circulaire (comme le conducteur lui-même, par exemple) ;

2° *Régime* H (ou régime d'hiver). — Il est défini par la température minimum de la région avec un vent produisant une surcharge de 30 kg par mètre carré de surface plane, ou de 18 kg par mètre carré de section diamétrale (ou longitudinale) des pièces à section circulaire (comme le conducteur lui-même, par exemple).

Tantôt, c'est l'un de ces deux régimes qui est le plus dangereux pour les conducteurs, ou, comme on dit habituellement, *le plus défavorable* et, tantôt, c'est l'autre. La ligne doit être construite de façon que le métal du conducteur ne travaille pas, dans le cas le plus défavorable des deux régimes H et V, à une charge par millimètre carré supérieure à une limite établie comme il suit.

Le règlement fixe, selon les lieux (en dehors des agglomérations, dans les agglomérations, aux traversées de chemins de fer, etc. .), un *coefficient de sécurité* (3, 5 ou 10) qui doit être réalisé pour le travail maximum du métal. C'est-à-dire que, par exemple, si le conducteur est en cuivre dur, dont la résistance à la rupture est de 42,5 kg : mm² et si la portée étudiée est dans une agglomération, où le coefficient de sécurité exigé est 5, le métal ne devra jamais travailler, dans cette portée, à plus de $\frac{42,5}{5} = 8,5$ kg : mm², même dans celui des deux régimes V et H, qui est le plus défavorable.

Nous désignerons par t_m la tension maximum, en kilogrammes par millimètre carré du conducteur, qui correspond au coefficient de sécurité exigé.

Pour que les conditions réglementaires soient remplies, il faut que la pose du conducteur soit faite en conséquence et, pour cela, il faut connaître les conditions, tension et flèche, à réaliser pour la pose, selon le régime de température et de vent qui a lieu le jour de la pose.

Digitized by Google

On admet que la pose est toujours exécutée lorsqu'il n'y a point de vent, car, lorsque celui-ci devient un peu fort, le réglage du conducteur est à peu près impossible, en sorte qu'on ne fait jamais cette opération les jours de vent. La température de pose est celle du conducteur au moment de sa mise en place. Il est d'usage de considérer spécialement le régime de pose pour lequel la température est égale à la température moyenne de la région, et c'est ce régime de pose idéal que nous appellerons, dans ce qui suit, le *régime de pose*; les conditions de pose à d'autres températures et toujours sans vent, se déduisent facilement, comme nous le verrons, de celles du régime de pose idéal.

Pour diminuer le plus possible la dépense de construction des lignes électriques aériennes, il y est avantageux d'avoir des supports (poteaux ou pylônes) aussi peu élevés que possible. En effet, l'effort exercé sur ces supports par les conducteurs, soit sous l'action du vent sur eux, soit, dans le cas où le support se trouve dans un angle du tracé de la ligne, par l'effet de leur propre tension, est appliqué près du sommet du support et, par conséquent, le moment fléchissant qui en résulte, par rapport à la section d'encastrement dans le sol, ou par rapport à toute autre section située à une distance donnée au-dessus du sol, augmente en même temps que la hauteur du support, pour les mêmes efforts au sommet de celui-ci. Il en résulte que, si on augmente cette hauteur, il faut augmenter en même temps les dimensions dans la section d'encastrement et dans chaque section, à partir du sol. Le prix des supports s'accroit donc beaucoup plus que proportionnellement à leur hauteur, surtout pour les supports situés dans les angles du tracé de la ligne; ces supports d'angle sont, en effet, soumis à une très forte traction, exercée par les conducteurs des deux portées adjacentes et dirigée dans le sens de la bissectrice de l'angle formé par ces portées.

Or, pour employer des supports le moins élevés possible, il faut diminuer la flèche du conducteur le plus possible, c'est-à-dire tendre les conducteurs autant qu'on peut le faire, sans que le coefficient de sécurité soit abaissé au-dessous de la valeur exigée, même au plus défavorable des deux régimes V et H.

Pour réaliser le maximum d'économie, il faut donc déterminer les conditions de pose, de façon que la tension du conducteur, lorsque le plus défavorable des régimes V et H se produira, soit exactement égale à la tension maximum t_m correspondant au coefficient de sécurité exigé.

La détermination des conditions de pose, qui réalisent ce résultat, se fait au moyen des lignes de sécurité, qu'il est facile de tracer sur l'abaque. L'emploi d'abscisses proportionnelles aux carrés des portées a précisément pour but de rendre ce tracé immédiat et précis au moyen de deux points seulement, comme on va le voir.

Ligne de sécurité d'hiver. – Considérons d'abord le cas où c'est le régime H, qui est le plus défavorable (nous verrons un peu plus loin, comment on peut savoir qu'il en est ainsi) et soient θ_1, ϖ_1, t_1 et f_1 les éléments de ce régime, tandis que θ_2, ϖ_2, t_2 et f_2 seront ceux du régime de pose (idéal). Les inconnues sont t_2 et f_2 et il suffit d'ailleurs de connaître l'une d'elles, t_2, par exemple, pour trouver l'autre au moyen de l'abaque.

Puisque nous voulons que la tension t_1 du conducteur, au régime H, soit exactement égale à la tension maximum t_m permise, il faut que le point m figuratif du régime H pour la portée x, soit sur l'isotase t_m: c'est, ici, cette isotase t_m qui représente le régime H.

Pour trouver le point n (fig. 3) qui représente le régime de pose, pour cette même portée, il faut ajouter à l'ordonnée du point m, une quantité algébrique donnée

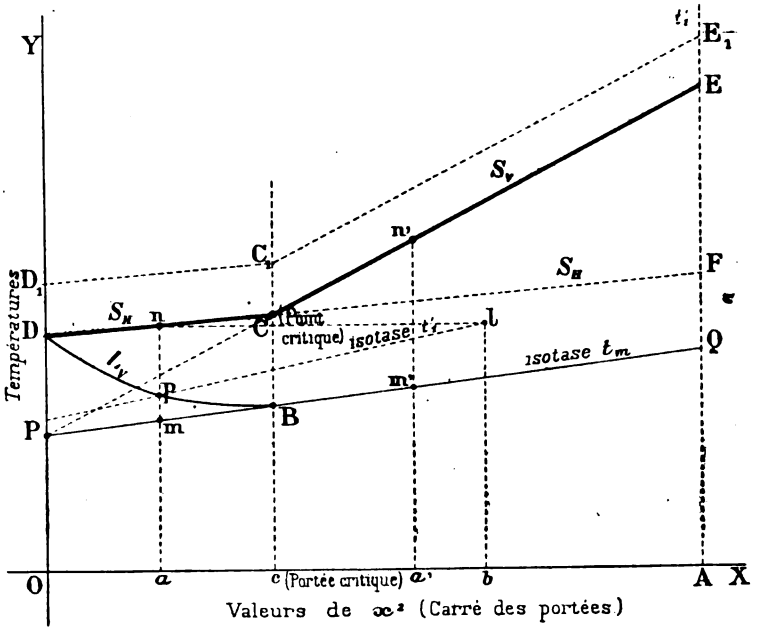


Fig. 3.

par l'équation (11), car, ici, le coefficient de charge ϖ_2 du conducteur, au régime de pose, qui est, par hypothèse (voir plus haut), un régime sans vent, est égal au coefficient de charge ϖ, pour lequel l'abaque est construit.

Or, l'ordonnée du point m est celle de l'isotase t_m, pour la portée x, c'est-à-dire

$$-\frac{t_m}{\alpha E}+\frac{\varpi^2 x^2}{24\alpha t_m^2}.$$

En y ajoutant mn, donné par l'équation (11), on obtient l'ordonnée du point n, qui est (puisque $t_1 = t_m$)

$$y=\left(-\frac{t_m}{\alpha E}+\frac{\varpi_2 x^2}{24\alpha t_m^2}\right)+\left[\theta_2-\theta_1+(\varpi_1^2-\varpi^2)\frac{x^2}{24\alpha t_m^2}\right],$$

Digitized by Google

c'est-à-dire

$$y = -\frac{t_m}{\alpha E} + \theta_2 - \theta_1 + \frac{\varpi_1^2 x^2}{24\alpha l_m^2}. \qquad (12)$$

Telle est l'équation du lieu géométrique du point n, figuratif du régime de pose. C'est l'équation d'une ligne droite S_H, puisque les abscisses sont proportionnelles aux carrés de x^2. Cette droite est représentée en D C F sur la figure 3.

Pour chaque portée a, si l'on prend une tension de pose égale ou inférieure à la tension t_2, correspondant au point n, situé sur S_H, ou bien, si l'on prend une flèche de pose égale ou supérieure à la flèche f_2, correspondant à ce point n, on est sûr que la tension t_1 du conducteur, au régime H, sera égale ou inférieure à t_m.

En définitive, pour une portée quelconque a, il suffit que le point figuratif du régime de pose se trouve au-dessus de S_H, pour que la tension du conducteur au régime H soit inférieure à t_m.

Pour cette raison, M. Blondel appelle la droite S_H, la ligne de sécurité de pose pour le régime d'hiver, ou bien, plus brièvement : la *ligne de sécurité d'hiver*.

Il la détermine par deux de ses points : celui qui correspond à la portée zéro et celui qui correspond à la portée maximum A, pour laquelle l'abaque est construit.

Le premier a pour ordonnée

$$OD = -\frac{t_m}{\alpha E} + \theta_2 - \theta_1, \qquad (13)$$

et le second a pour ordonnée

$$AF = OD + \frac{\varpi_1^2 A^2}{24\alpha l_m^2}. \qquad (14)$$

Le terme $-\frac{t_m}{\alpha E}$ est l'ordonnée à l'origine, OP, de l'isotase t_m.

Le terme $\frac{\varpi^2_1 . A_2}{24\alpha l_m^2}$ se calcule aisément à l'aide du tableau reproduit à la fin de cette étude, lequel donne $\frac{\varpi^2 A^2}{24\alpha l_m^2}$; il suffit de multiplier cette valeur par $\left(\frac{\varpi_1}{\varpi}\right)^2$ pour avoir $\frac{\varpi^2_1 A^2}{24\alpha l^2_m}$.

Il est donc très facile de tracer au crayon, sur l'abaque, la droite S_H passant par les deux points D et F ainsi déterminés.

Ligne de sécurité de vent. — Considérons, maintenant, le cas où c'est le régime V qui est le plus défavorable (nous verrons un peu plus loin comment on peut savoir qu'il en est ainsi) et soient θ'_1, ϖ'_1, t'_1 et f'_1 les éléments de ce régime V, tandis que θ_2, ϖ_2, t_2 et f_2 sont ceux du régime de pose (idéal). Les inconnues sont encore ici t_2 et f_2 et il suffit d'en connaître une, t_2 par exemple, pour trouver facilement l'autre à l'aide de l'abaque.

Puisque nous voulons que la tension t'_1 du conducteur, au régime V, soit exactement égale à la tension maximum t_m permise, le point m' figuratif du régime V, pour la portée x, doit se trouver sur l'isotase t_m : c'est, ici, cette isotase t_m qui réprésente le régime V.

Pour trouver le point n' (fig. 3), qui représente le régime de pose, pour cette portée, il faut ajouter à l'ordonnée du point m', une quantité algébrique m'n' donnée par l'équation (11), puisque, ici, le coefficient de charge ϖ'_2 du conducteur, au régime de pose, qui est par hypothèse un régime sans vent (voir plus haut), est au plus égal au coefficient de charge ϖ, pour lequel l'abaque est construit.

Le calcul est le même que celui fait ci-dessus pour la ligne de sécurité d'hiver, mais, ici, la température θ'_1 du régime V et la température θ_2 du régime de pose (idéal) sont toutes deux égales à la température moyenne de la région. La différence $\theta_2 - \theta'_1$ est donc nulle et l'équation du lieu géométrique du point n' est

$$y = -\frac{t_m}{\alpha E} + \frac{\varpi_1'^2 x^2}{24\alpha l_m^2}. \qquad (15)$$

C'est, pour l'abaque, l'équation d'une ligne droite S_V, puisque les abscisses sont proportionnelles aux quantités x^2. Cette droite est réprésentée en P C E sur la figure 3.

Pour chaque portée a', si l'on prend une tension de pose égale ou inférieure à la tension t'_2 correspondant au point n', situé sur S_V, ou bien, si on prend une flèche de pose, égale ou supérieure à la flèche f_2 correspondant à ce point n', on est sûr que la tension t'_1 du conducteur, au régime V, sera égale ou inférieure à la tension maximum t_m permise.

En définitive, pour une portée quelconque a', il suffit que le point n' figuratif du régime de pose, se trouve au-dessus de S_V, pour que la tension du conducteur, au régime V, soit inférieure à t_m.

Pour cette raison, M. Blondel appelle la ligne droite S_V, la ligne de sécurité de pose pour le régime de vent maximum, ou bien, plus brièvement : *la ligne de sécurité de vent*.

Cette ligne passe par le point P, origine de l'isotase t_m, représentée en PQ sur la figure 3, car, pour $x = 0$, l'équation (15) donne

$$y = -\frac{t_m}{\alpha E} = OP. \qquad (16)$$

Pour déterminer complètement cette droite nous n'avons donc besoin que d'un nouveau point. Nous prendrons le point de S_V situé sur l'isomètre A de la portée maximum pour laquelle l'abaque est construit; il a pour ordonnée

$$AE = OP + \frac{\varpi_1'^2 A^2}{24\alpha l_m^2}. \qquad (17)$$

Le terme $\frac{\varpi'^2_1 A^2}{24\alpha l_m^2}$ se calcule encore très facilement,

Digitized by Google

comme pour la ligne de sécurité d'hiver, en multipliant par $\left(\frac{\varpi'_1}{\varpi}\right)^2$ la valeur de $\frac{\varpi^2 A^2}{24\alpha t'^2_m}$ trouvée dans le tableau déjà cité.

Il est donc très facile de tracer également au crayon, sur l'abaque, la ligne droite Sv passant par les deux points P et E ainsi déterminés.

Ligne de sécurité générale et portée critique. — Les deux lignes de sécurité S_H et Sv se coupent en un point C, que nous appellerons *point critique*. Nous appellerons également *portée critique* la portée c, dont l'isomètre passe par le point C.

Comme la température de pose θ_2 est toujours supérieure à la température θ_1 qui est la température *minimum* de la région, la différence $\theta_2 - \theta_1$, est toujours positive et OD, donné par l'équation (13), est toujours supérieur à OP (fig. 3).

A gauche du point critique C, c'est donc toujours S_H qui est au-dessus de Sv. Au contraire, à droite de C, c'est toujours Sv qui est-dessus de S_H.

La ligne brisée DCE est donc une *ligne de sécurité générale*, qui donne les conditions de pose optima pour lesquelles la tension du conducteur au régime le plus défavorable est égale à la tension maximum t_m permise. La pose doit être faite dans des conditions telles que le point figuratif de ces conditions, soit sur DCE, ou au-dessus de cette droite.

La portée critique, au lieu d'être déterminée graphiquement, par l'intersection des droites S_H et Sv, comme nous l'avons supposé ci-dessus, peut être calculée à l'avance et c'est même ce qu'il convient de faire.

Il suffit d'écrire que, pour cette portée c, le passage du régime V au régime H, ou inversement, ne change pas la tension t, qui reste égale à la tension maximum t_m permise.

L'équation (1) aux changements de conditions nous donne alors, si nous y faisons

$$t_1 = t_1' = t_m ,$$

$$\alpha(\theta_1' - \theta_1) = \frac{c^2}{24}\frac{\varpi_1'^2 - \varpi_1^2}{t_m^2};$$

nous en tirons la valeur de la portée critique

$$c = t_m \sqrt{\frac{24\alpha(\theta_1' - \theta_1)}{\varpi_1'^2 - \varpi_1^2}}. \qquad (18)$$

Elle peut s'exprimer d'une manière un peu plus simple, comme il suit.

Si l'on appelle q_1 et q'_1 les efforts en kilogrammes exercés par le vent sur une longueur de 1 m du conducteur, respectivement dans chacun des régimes II et V, on a

$$\varpi_1^2 = \varpi^2 + \frac{q_1^2}{s},$$

et

$$\varpi_1'^2 = \varpi^2 + \frac{q_1'^2}{s^2};$$

la relation (18) peut donc s'écrire

$$c = t_m \sqrt{\frac{24\alpha(\theta_1' - \theta_1)s^2}{q_1'^2 - q_1^2}}.$$

Mais, si on désigne par d le diamètre du conducteur exprimé en millimètres, on a, dans les conditions de la réglementation française

$$q_1 = 0{,}001 \times 18 \times d,$$

et

$$q_1' = 0{,}001 \times 72 \times d;$$

d'autre part, le coefficient α est égal, pour le cuivre dur, à 0,000 017.

L'expression de la portée critique devient alors, tous calculs faits et en tenant compte de ce que $s = \pi\frac{d^2}{4}$

$$c = t_m \times d \times 0{,}227\sqrt{\theta_1' - \theta_1}. \qquad (18\ bis)$$

Dans une même région, θ'_1 et θ_1 ne varient plus une fois choisis, d'accord avec le service local du Contrôle des distributions d'énergie électrique. Alors l'expression $0{,}227\sqrt{\theta'_1 - \theta_1}$ est une constante pour toutes les lignes *en cuivre* de la région et la portée critique s'obtient simplement en multipliant cette constante par $t_m \times d$.

Pour l'*aluminium*, le coefficient α est égal à 0,000 023. La portée critique pour ce métal est donc

$$c = t_m \times d \times 0{,}264\sqrt{\theta_1' - \theta_1}, \qquad (18\ ter)$$

et la constante de la région, est alors $0{,}264\sqrt{\theta'_1 - \theta_1}$.

Lignes de sécurité pour la pose à différentes températures. — Pour avoir les lignes de sécurité correspondant à une température θ'_2 différente de la température moyenne de la région θ_2, il suffit, comme on le voit facilement, de relever de $\theta'_2 - \theta_2$ les lignes de sécurité précédentes.

On peut donc, pour un diamètre donné de conducteur et pour un coefficient de sécurité donné, tracer très facilement et très rapidement toutes les lignes brisées de sécurité générale (S_H prolongée par Sv) correspondant aux différentes températures prévues pour la pose et en déduire deux tableaux donnant, pour chaque portée et chaque température, l'un la tension, l'autre la flèche à réaliser dans la pose.

Sur la figure 3, on a représenté, en trait pointillé, une ligne de sécurité générale $D_1C_1E_1$ correspondant à une température supérieure de $DD_1 = CC_1 = EE_1$ à la température moyenne de la région.

Digitized by Google

TABLEAU I.

relatif aux conducteurs de *cuivre dur* caractérisé par $\begin{cases} \varpi = 0{,}0089 \\ \alpha = 0{,}000017 \\ E = 13\,000 \text{ kg : mm}^2 \end{cases}$

TENSION t (en kg : mm²)	ORDONNÉE A L'ORIGINE $-\frac{t}{\alpha E}$ (en degrés centigrades)	VALEUR DE $\frac{\varpi^2 a^2}{24 \alpha t^2}$ POUR LES DIFFÉRENTES PORTÉES : a = 50 mètres (en degrés centigrades)	a = 100 mètres (en degrés centigrades)	a = 200 mètres (en degrés centigrades)	a = 400 mètres (en degrés centigrades)
0,6	— 2,715	1 348,20			
0,8	— 3,620	758,37			
1,0	— 4,525	485,36			
1,2	— 5,430	336,44			
1,4	— 6,335	247,63	990,52		
1,6	— 7,240	189,60	758,40		
1,8	— 8,145	149,80	599,20		
2,0	— 9,050	121,34	485,36		
2,2	— 9,955	100,28	401,12		
2,4	— 10,86	84,26	337,04		
2,6	— 11,76	71,80	287,20	1 148,80	
2,8	— 12,67	61,91	247,64	990,56	
3,0	— 13,57	53,93	215,72	862,88	
3,2	— 14,48	47,40	189,60	758,40	
3,4	— 15,38	42,00	168,00	672,00	
3,6	— 16,29	37,39	149,56	598,24	
3,8	— 17,19	33,61	134,44	537,76	
4,0	— 18,10	30,33	121,32	485,28	
4,5	— 20,36	23,97	95,88	383,52	
5,0	— 22,62	19,41	77,64	310,56	
5,5	— 24,89	16,04	64,16	256,64	1 026,56
6,0	— 27,15	13,48	53,92	215,68	862,72
6,5	— 29,41	11,49	45,96	183,84	735,36
7,0	— 31,67	9,905	39,620	158,480	633,920
7,5	— 33,94	8,629	34,516	138,064	552,256
8,0	— 36,20	7,573	30,292	121,168	484,672
8,5	— 38,46	6,718	26,872	107,488	429,952
9,0	— 40,73	5,992	23,968	95,872	383,488
9,5	— 42,99	5,378	21,512	86,048	344,192
10,0	— 45,25	4,854	19,416	77,664	310,656
10,5	— 47,51	4,402	17,608	70,432	281,728
11,0	— 49,77	4,011	16,044	64,176	256,704
11,5	— 52,04	3,670	14,680	58,720	234,880
12,0	— 54,30	3,370	13,480	53,920	215,680
12,5	— 56,56	3,106	12,424	49,696	198,784
13,0	— 58,82	2,872	11,488	45,952	183,808
13,5	— 61,09	2,663	10,652	42,608	170,432
14,0	— 63,35	2,476	9,904	39,616	158,464
14,5	— 65,61	2,308	9,232	36,928	147,712
15,0	— 67,87	2,157	8,628	34,512	138,048

Passage d'un régime sans vent à un régime avec vent. — On peut avoir à passer des conditions d'un régime sans vent, le régime de pose, par exemple, à un régime avec vent, comme le régime H, ou le régime V.

Si, par exemple, pour une portée considérée a c'est le régime H, qui est le plus défavorable, on fait la pose dans les conditions représentées par le point n sur l'isomètre a et sur la ligne de sécurité d'hiver S_H. Il peut se faire qu'on ait besoin ensuite de connaître la tension qu'aura le conducteur au régime V. Nous savons d'avance que cette dernière tension sera plus faible que la tension maximum t_m correspondant au coefficient de sécurité exigé, puisque la pose a été faite de façon que cette tension t_m ne soit atteinte seulement qu'au régime H, qui est, par hypothèse, plus défavorable que le régime V. Cela peut suffire dans certains cas ; mais il peut être intéressant, pour faire le plus d'économie possible sur les pylônes, tout en observant strictement les conditions de sécurité réglementaires, de connaître néanmoins la valeur exacte de la tension au régime V.

C'est ce qui arrive, en particulier, *pour les pylônes d'angle*, qui sont soumis à deux efforts d'espèces différentes :

1° L'effort du vent sur le pylône lui-même ;

2° L'effort T du conducteur sur le pylône, cet effort provenant à la fois du poids propre du con-

Digitized by Google

TABLEAU II.

relatif aux conducteurs d'*aluminium* caractérisé par $\begin{cases} \varpi = 0{,}00275 \\ \alpha = 0{,}000023 \\ E = 7\,150 \text{ kg : mm}^2 \end{cases}$

TENSION t (en kg : mm²)	ORDONNÉE A L'ORIGINE $-\frac{t}{\alpha E}$ (en degrés centigrades)	ORDONNÉE $\frac{\varpi^2 a^2}{24\alpha t^2}$ POUR LES DIFFÉRENTES PORTÉES			
		$a = 50$ mètres (en degrés centigrades)	$a = 100$ mètres (en degrés centigrades)	$a = 200$ mètres (en degrés centigrades)	$a = 400$ mètres (en degrés centigrades)
0,2	— 1,216	856,20			
0,3	— 1,824	380,56			
0,4	— 2,433	214,07	856,28		
0,5	— 3,040	137,00	548,00		
0,6	— 3,648	95,14	380,56		
0,7	— 4,257	69,890	279,560	1 118,240	
0,8	— 4,865	53,516	214,064	856,256	
0,9	— 5,473	42,285	169,140	676,560	
1,0	— 6,081	34,250	137,000	548,000	
1,2	— 7,297	23,785	95,140	380,560	
1,4	— 8,514	17,475	69,900	279,600	1 118,400
1,5	— 9,121	15,222	60,888	243,552	974,208
1,6	— 9,729	13,379	53,516	214,064	856,256
1,8	— 10,945	10,571	42,284	169,136	676,544
2,0	— 12,161	8,562	34,248	136,992	547,968
2,5	— 15,202	5,480	21,920	87,680	350,720
3,0	— 18,242	3,806	15,224	60,896	243,584
3,5	— 21,283	2,796	11,184	44,736	178,944
4,0	— 24,324	2,141	8,564	34,256	137,024
4,5	— 27,363	1,691	6,764	27,056	108,224
5,0	— 30,404	1,370	5,480	21,920	87,680
5,5	— 33,444	1,132	4,528	18,112	72,448
6,0	— 36,485	0,9514	3,8056	15,2224	60,8896
6,5	— 39,525	0,8107	3,2428	12,9712	51,8848
7,0	— 42,565	0,6990	2,7960	11,1840	44,7360

ducteur et de l'action du vent sur lui. L'effort du vent sur le pylône est toujours maximum au régime V et il en est de même de l'effort T, pour les portées supérieures à la portée critique. Dans ce cas, il n'y a donc pas d'ambiguïté : la plus grande fatigue du pylône a lieu au régime V.

Mais, pour les portées inférieures à la portée critique, l'effort du vent sur le pylône est maximum au régime V, tandis que l'effort T est maximum au régime H. On ne sait donc pas, à priori, si c'est le régime H, ou le régime V, qui est le plus défavorable *pour le pylône*.

Pour en décider, il faut connaître la tension t'_1 du conducteur au régime V, pour ces portées inférieures à la portée critique, qui ont été posées au régime déterminé par S_H.

Il faut donc passer du régime de pose, où le coefficient de charge du conducteur est le même ϖ que celui pour lequel l'abaque est construit, au régime V, pour lequel le coefficient de charge du conducteur est ϖ'_1 différent de celui ϖ pour lequel l'abaque est construit et nous avons vu (au paragraphe relatif au passage d'un régime à un autre) que, dans ce cas, l'équation (10) ne prend pas la forme (11). Le terme contenant la tension inconnue t'_1 ne disparaît pas et la méthode indiquée pour construire les lignes de sécurité ne peut plus être appliquée.

Nous opèrerons donc autrement, pour déterminer le point p figuratif du régime V, pour la portée a, quand la pose a eu lieu aux conditions figurées par le point n (fig. 3).

Cherchons d'abord pour quelle portée b l'isotase t'_1 (encore inconnue) a une ordonnée b l égale à l'ordonnée a n du point n.

La portée fictive b doit satisfaire à la relation

$$-\frac{t_2}{\alpha E}+\frac{\varpi a^2}{24\alpha t_2^2}=-\frac{t_1'}{\alpha E}+\frac{\varpi^2 b^2}{24\alpha t_1'^2}, \qquad (19)$$

d'après la définition même des isotases (équation 5).

Mais, d'autre part, l'équation (2) s'écrit ici (passage, pour la portée a, du régime de pose figuré par le point n, au régime V figuré par le point p)

$$\theta_2+\frac{t_2}{\alpha E}-\frac{\varpi^2 a^2}{24\alpha t_2^2}=\theta_1'+\frac{t_1'}{\alpha E}+\frac{\varpi^2 a^2}{24\alpha t_1'^2}. \qquad (20)$$

Si l'on tient compte de ce que les températures θ_2 et θ'_1 sont toutes deux égales à la température moyenne

Digitized by Google

de la région (comme cela a lieu avec la réglementation française), l'équation (20) devient

$$-\frac{t_2}{\alpha E}+\frac{\varpi^2 a^2}{24\alpha t_2^2}=-\frac{t_1'}{\alpha E}+\frac{\varpi^2 a^2}{24\alpha t_1'^2}. \qquad (21)$$

et l'on déduit, des deux équations (19) et (21), la relation

$$b=\frac{\varpi_1'}{\varpi}a. \qquad (22)$$

Ainsi, l'horizontale nl du point n rencontre l'isotase t'_1 au point l, situé sur l'isomètre de la portée $b=\frac{\varpi'_1}{\varpi}a$.

De là, la construction graphique suivante très simple pour obtenir le point p : *on cherche le point d'intersection* l *de l'horizontale du point* n *avec l'isomètre* $\frac{\varpi'_1}{\varpi}a$ *et on suit l'isotase* t'_1 *(ainsi déterminée), qui passe par le point* l, *jusqu'à son intersection* p *avec l'isomètre a.*

En opérant de même, pour un certain nombre de portées inférieures à la portée critique c, on obtient une courbe Lv (fig. 3) qui est le lieu géométrique du point p.

Cette courbe passe par le point D; car, pour $a=0$, l'équation (21) donne $t'_1=t_2$. Elle passe aussi, évidemment, par le point B, intersection de l'isotase t_m avec l'isomètre c de la portée critique; car, pour cette portée critique, la pose ayant été faite dans les conditions représentées par le point critique C, la tension est t_m, aussi bien au régime V qu'au régime H.

C'est sur cette courbe Lv qu'on trouvera, pour chaque portée inférieure à c, les conditions au régime V du conducteur posé dans les conditions déterminées par la ligne de sécurité d'hiver S_H.

Le procédé graphique qui vient d'être décrit est celui qu'employait M. Blondel, avant 1914. Ce procédé avait le grand inconvénient d'exiger des abaques très étendus, puisque la portée fictive $\frac{\varpi'_1}{\varpi}a$, dont on a besoin pour cette construction, peut être beaucoup plus grande que les plus grandes portées usuelles. Cet inconvénient eût été encore plus grand avec les abaques de 1914, où les abscisses sont proportionnelles aux carrés des portées. C'est pourquoi M. Blondel a renoncé à ce procédé graphique pour employer à sa place le procédé qui fait l'objet de la présente étude.

Mais, pour la construction de la courbe L, cet inconvénient est beaucoup moindre, parce que :

1° Le facteur $\frac{\varpi'_1}{\varpi}$, qui donne la portée fictive $\frac{\varpi'_1}{\varpi}a$ est le plus petit des deux facteurs $\frac{\varpi'_1}{\varpi}$ et $\frac{\varpi_1}{\varpi}$, qu'employait M. Blondel. Il est même à peine supérieur à 1 pour les gros conducteurs (par exemple, pour un conducteur de cuivre de 10 mm de diamètre, sa valeur exacte est 1,03);

2° Il ne s'agit, ici, que des portées inférieures à la portée critique c et si cette portée critique est elle-même inférieure à

$$\frac{\varpi}{\varpi_1'}A,$$

A étant toujours la portée maximum pour laquelle l'abaque est construit, la construction de la courbe Lv se fait sans difficulté; c'est le cas qui se présente presque toujours.

D'ailleurs, on connaît d'avance les deux extrémités B et D de la courbe Lv; on peut, de plus, déterminer, par le procédé précédent, tous les points de cette courbe pour les portées inférieures à $\frac{\varpi'_1}{\varpi_1}A$ et, s'il le fallait, on pourrait calculer en plus 1 ou 2 points p, entre les portées $\frac{\varpi_1}{\varpi'_1}A$ et c, en résolvant l'équation (21) du troisième degré en t'_1. Mais, en général, on pourra très facilement prolonger à vue, avec une exactitude très suffisante, la courbe Lv, depuis la portée $\frac{\varpi_1}{\varpi'_1}a$, jusqu'à la portée c; car cette partie de Lv sera toujours très courte; elle sera le plus souvent inexistante.

On pourrait de même, pour les portées supérieures à la portée critique, déterminer une courbe L_H, donnant les conditions du régime H, pour les conducteurs posés dans les conditions de la ligne de sécurité Sv. Nous ne développerons pas ce point, qui ne présente aucun intérêt pratique.

Conclusions. — En résumé, la méthode que nous avons exposée se réduit aux opérations suivantes :

1° Déterminer la portée critique par la relation (18 *bis*), dans le cas d'un conducteur en cuivre dur ou par la relation (18 *ter*), s'il est en aluminium; puis, marquer sur l'isomètre correspondant à cette portée critique le point critique C, dont l'ordonnée est déterminée indifféremment par l'une ou l'autre des relations (12) ou (15);

2° Déterminer le point D par la relation (13) et tracer la ligne de sécurité d'hiver S_H en joignant les points C et D. Si la portée critique est plus grande que la portée maximum A, pour laquelle l'abaque est construit, le point C est en dehors de l'abaque; on détermine alors le point F, par la relation (14) et on trace S_H en joignant DF;

3° Déterminer le point E par la relation (17) et tracer la ligne de sécurité de vent Sv en menant la droite DE qui passe par le point C. On peut même se dispenser de déterminer le point E, si les deux points D et C sont suffisamment éloignés pour permettre de tracer Sv avec exactitude;

4° Tracer la droite Lv, *si on le juge utile*, par le procédé graphique qui consiste à tracer n l p, afin d'obtenir le point p (fig. 3);

5° S'il est utile de connaître les conditions de pose à une série de températures : θ'_2, θ''_2, etc.... il suffit de

Digitized by Google

tracer des lignes brisées telles que $D_1 C_1 E_1$ (fig. 3), parallèles à D C E et distantes de celles-ci, verticalement, de $(0'_2 - 0_2)$, $(0''_2 - 0_2)$, etc.

Toutes ces opérations ne demandent pas une demi-heure de travail; lorsqu'elles sont faites, on possède un abaque sur lequel on peut trouver instantanément et sans aucun calcul auxiliaire ni tâtonnement **tout élément** de construction désirable (tension ou flèche), à tous les régimes intéressants de vent et de température et pour toutes les portées, grandes et petites, de lignes construites avec le même conducteur et pour le même coefficient de sécurité. Cette méthode très simple et extrêmement pratique s'impose donc pour les calculs mécaniques des lignes aériennes.

A. Nouguier,
Ingénieur E. S. E.

Revues, analyses et informations

Au sujet des dépressions résultant d'une rupture dans une conduite forcée.

Nous reproduisons ci-dessous une note de M. de Sparre, présentée à une des dernières séances de l'Académie des sciences (1).

Cette question a été abordée par plusieurs auteurs (2), mais ils l'ont traitée en supposant qu'après la rupture il s'est produit un nouveau régime permanent dans lequel, H étant la hauteur de chute, la vitesse de régime, qui était primitivement v_0, est devenue égale à $\sqrt{2gH}$, g désignant la gravité. Or, la vitesse de l'eau dans la conduite ne peut passer de la valeur v_0 à la valeur beaucoup plus grande $\sqrt{2gH}$ sans passer par un état intermédiaire qu'il est indispensable d'étudier pour se rendre compte du phénomène.

Il se produit, au moment de la rupture, un coup de bélier négatif.

Soient y la pression, en colonne d'eau, au point où se produit la rupture, v la vitesse de l'eau en ce point après la rupture, y_0 et v_0 les valeurs de y et de v avant la rupture, a la vitesse de propagation, l la longueur de la conduite, depuis le point de rupture jusqu'à la prise d'eau. On devra, en négligeant la partie de la conduite au-dessous du point de rupture, considérer des périodes de durée $\theta = \frac{2l}{a}$ et l'on aura, par la théorie du coup de bélier,

$$y = y_0 + \mathrm{F}(t) - \mathrm{F}(t - \theta), \tag{1}$$

$$v = v_0 - \frac{g}{a}[\mathrm{F}(t) + \mathrm{F}(t - \theta)], \tag{2}$$

où

$$\mathrm{F}(t) = 0 \quad \text{pour} \quad t \leq 0.$$

Mais l'écoulement se faisant, dans le cas d'une rupture, à gueule bée, la vitesse près de la rupture sera la même dans la conduite qu'à la sortie, où elle se fait sous la pression atmosphérique. Il faudra donc, après la rupture, que l'on ait $y = p_0$, p_0 étant la pression atmosphérique en colonne d'eau. Comme d'ailleurs

$$y_0 = p_0 + H,$$

on aura

$$\mathrm{F}(t) - \mathrm{F}(t - \theta) = -H. \tag{3}$$

Donc pour la première période

$$\mathrm{F}(t) = -H,$$

et par suite, pour la $n^{\text{ième}}$,

$$\mathrm{F}(t) = -nH. \tag{4}$$

On aura alors par la formule (2)

$$v = v_0 + \frac{(2n-1)gH}{a}. \tag{5}$$

On voit, qu'au point de rupture, le coup de bélier négatif est constant et égal à $-H$.

Si l'on considère maintenant un point de la conduite situé à une distance x du point de rupture, on a pour le coup de bélier Y, en ce point (1),

$$Y = \mathrm{F}\left(t - \frac{x}{a}\right) - \mathrm{F}\left(t - \theta + \frac{x}{a}\right).$$

Par suite, pour la $n^{\text{ième}}$ période pour laquelle

$$t = (n-1)\theta + \tau \qquad \text{avec} \qquad 0 < \tau \leq \theta.$$

1° Si

$$0 < \tau \leq \frac{x}{a},$$

on a

$$\mathrm{F}\left(t - \frac{x}{a}\right) = -(n-1)H, \quad \mathrm{F}\left(t - \theta + \frac{x}{a}\right) = -(n-1)H;$$

donc

$$Y = 0.$$

2° Si

$$\frac{x}{a} < \tau \leq \theta - \frac{x}{a},$$

on a

$$\mathrm{F}\left(t - \frac{x}{a}\right) = -nH, \quad \mathrm{F}\left(t - \theta + \frac{x}{a}\right) = -(n-1)H$$

et, par suite,

$$Y = -H.$$

(1) *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 16 août 1922, t. CLXXV, p. 336-336.

(2) Routin. *Cours d'hydraulique industrielle*, deuxième partie, p. 30. — Ferraud. *Houille blanche*, mai-juin 1922.

(1) *Bulletin de la Société hydrotechnique*, n° 1, p. 4.

Digitized by Google

3° Si

$$\theta - \frac{x}{a} < \tau \leq \theta,$$

on a

$$F\left(t - \frac{x}{a}\right) = -nH, \qquad F\left(t - \theta + \frac{x}{a}\right) = -nH$$

et par suite,

$$Y = 0.$$

On voit que le coup de bélier est égal à 0 lorsque τ varie de 0 à $\frac{x}{a}$ et de

$$\theta - \frac{x}{a} = \frac{2l - x}{a} \quad \text{à} \quad \theta;$$

donc pendant un temps égal à $\frac{2x}{a}$. Il est, au lieu de cela, égal à $-H$ lorsque τ varie de

$$\frac{x}{a} \quad \text{à} \quad \theta - \frac{x}{a} = \frac{2l - x}{a};$$

donc pendant un temps égal à $2\frac{l - x}{a}$.

Ceci suppose toutefois que la hauteur de chute n'est pas supérieure à 10 m environ (1).

En effet, le coup de bélier négatif devenant égal à $-H$ en un point quelconque de la conduite, la pression en un point, où la pression statique est y'_0, deviendra au moment du coup de bélier

$$y'_0 = H.$$

et si h est la tension maximum de la vapeur d'eau en colonne d'eau, pour qu'il ne se produise pas de vide en ce point, il faudra

$$y'_0 - H > h.$$

Or, dans le voisinage de la prise d'eau, y'_0 sera en général peu supérieur à la pression atmosphérique et, pour qu'il ne se produise pas de vide, il faudra que H ne dépasse pas 10 m environ.

On doit remarquer que, même pour H un peu inférieur à 10 m, il peut se produire un vide par suite du dégagement de l'air dissous dans l'eau.

Si $H > y'_0 - h$ en un point de la conduite, il se produira un vide dans la conduite et le mouvement s'y fera sous une pression constante égale à h, mais ce sera très généralement un mouvement tumultueux, tant par suite des changements de pente de la conduite que par suite des ressauts qui peuvent s'y produire.

On voit que le coup de bélier négatif, dans l'hypothèse où il ne s'y produit pas de vides, devient égal à $-H$ en tout point de la conduite; mais en un point situé à une distance x du point de rupture, il ne garde cette valeur que pendant un temps égal à $2\frac{l - x}{a}$ (2) et le reste du temps la pression est la pression statique.

On conclut de là que des reniflards ou ventouses placées à l'origine d'une conduite peuvent être inefficaces pour prévenir les phénomènes d'aplatissement dans les parties de faibles épaisseurs à la suite d'une rupture, leur durée d'action étant beaucoup trop courte.

Sur la résistance des couches conductrices minces électrisées (1).

La résistance électrique d'un conducteur traversé par un courant devrait, d'après la théorie électronique de la conduction, être plus faible lorsque ce conducteur possède une charge statique négative que lorsqu'il possède une charge statique positive. Une expérience de l'auteur, décrite par lui à la séance d'avril 1921 de la Société de Physique des Etats-Unis, donnait un résultat conforme à cette prévision. Mais l'effet constaté était beaucoup plus grand que celui prévu par la théorie de la conduction métallique; de plus, la méthode employée était indirecte et sa discussion montra que le résultat trouvé était dû à une autre cause que celle que l'on voulait mettre en évidence. Pour ces raisons, M. Perkins a repris l'étude du phénomène par une méthode directe et c'est celle-ci qui fait l'objet de la note qui nous occupe.

Dans cette méthode, le conducteur est constitué par une lame conductrice, mince, formant l'une des armatures d'un condensateur, et qui est intercalée dans l'une des branches d'un pont de Wheatstone; le galvanomètre du pont étant amené au zéro lorsque la lame n'est pas chargée, on observe la déviation qu'il éprouve quand on la charge successivement, négativement et positivement en établissant une différence de potentiel entre les armatures du condensateur dont elle fait partie. Une expérience faite avec une couche d'or très mince, obtenue par ionoplastie, a montré que la variation de résistance électrique résultant du changement de signe de la charge statique de la lame est extrêmement faible et de l'ordre des erreurs expérimentales. Une autre expérience faite avec une couche de graphite, obtenue en frottant la surface d'un disque de verre légèrement rodé avec du graphite, a montré une variation importante, mais dans un sens inattendu : une charge statique négative augmente la résistance et une charge positive la diminue. L'auteur a aussi essayé l'influence des rayons X sur la résistance des couches d'or et de graphite : si un effet existe, il est inférieur à la limite de précision de ses mesures. — J. B.

Sur la relation entre les phénomènes photoélectriques et la tension superficielle du mercure (2).

Frenkel a défini la tension superficielle comme étant égale à l'énergie disponible par unité de surface de la double couche électrique placée au-dessus de la double couche électronique existant à la surface de tout conducteur isolé dans le vide. Toute variation de cette énergie doit entraîner une variation de la tension superficielle. Les phénomènes photoélectriques offrent la possibilité de faire varier l'énergie disponible à la surface d'un corps et de vérifier s'il y a une relation réelle entre l'émission d'électrons et la tension superficielle. L'auteur a employé un dispositif qui lui a permis de démontrer qu'il existe une relation entre le phénomène photoélectrique et la tension superficielle. — M.-H. B.

(1) La pression atmosphérique diminuée de la tension maximum de la vapeur d'eau à la température de l'eau de la conduite, exprimées en colonne d'eau.

(2) Donc très court si x est voisin de l.

(1) H.-A. Perkins. *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 31 août 1922, t. CLXXV, p. 363-365, 1 500 mots.

(2) Jean G. Popesco. *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 31 juillet 1922, t. CLXXV, p. 259-261, 600 mots.

Digitized by Google

SECTION INDUSTRIELLE

Application de la méthode chronophotographique de l'écoulement de l'eau en déversoir

L'auteur avait antérieurement proposé dans une note reproduite dans la « R. G. E. », 12 juin 1920, t. VII, p. 794, l'application de la chronophotographie à l'étude du mouvement de l'eau sur un déversoir et à la détermination du débit (1). *Dans ce nouvel article, il rend compte des expériences qu'il a faites sur le déversoir du barrage du Cher à Rochebut (Teillet).*

I. **Dispositif expérimental.** — Les lecteurs de la « R. G. E. » connaissant le principe de notre méthode chronophotographique, nous nous contenterons d'indiquer les conditions de son application à Rochebut et les résultats qui ont été obtenus.

Notre déversoir présente le profil indiqué dans la figure 1, soit une partie plane et horizontale, de 80 cm

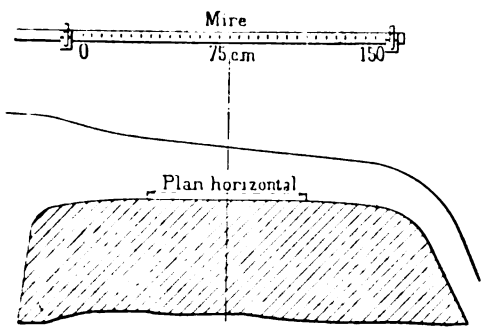


Fig. 1. — Coupe transversale de la partie supérieure du déversoir et mire.

de large, se raccordant par des surfaces courbes (faible courbure d'abord, plus forte ensuite) avec des plans pariétaux. Le plan amont est presque vertical, le plan aval fait 30° avec la verticale. Le mur au sommet duquel se fait le déversement a 11 m de hauteur vers l'intérieur du réservoir dans la zone voisine de notre installation; il a une épaisseur de 2 m à la naissance inférieure des courbes. La surface sur laquelle se fait le déversement étudié a été cimentée avec une très grande régularité. Le dispositif expérimental comporte une partie fixe et une partie mobile. Après quelques tâtonnements, nous avons adopté pour la partie fixe la disposition représentée par les figures 2 et 3.

Une plate-forme en béton PF de 2 m × 2 m a été établie de manière à dépasser de 0,50 m la partie supérieure du déversoir. En avant, on a ménagé une petite chambre dont le sol n'est autre que la partie médiane du déversoir, prolongée. Cette chambre est séparée du réservoir et du déversoir par des murettes de 0,40 m d'épaisseur au même niveau que la plateforme MM', murettes prolongées elle-mêmes par des cloisons minces de 0,40 m de hauteur vers le réservoir, de 0,25 m vers le déversoir. La murette amont est traversée par un tube de fer T qui plonge à 2 m en contrebas du déversoir et auquel on adapte un tube de verre T', pour connaître le niveau de charge à l'abri de tout clapotis superficiel. Il eût été bon d'avoir un autre tube, traversant la seconde murette, pour mesurer l'épaisseur de la nappe déversante au milieu de la partie plane du déversoir. Nous avons pu, toutefois, nous en passer grâce à une intéressante particularité.

Dans la plateforme et dans la murette transversale, on a scellé des boulons qui permettent de fixer des barres BB de fer en U, portant elles-mêmes une mire parlante horizontale à 2,10 m en avant de la construction, au-dessus de la nappe déversante. Les barres-supports sont d'ailleurs réglables pour établir le bord supérieur de la mire dans le plan horizontal du centre optique de l'objectif. (Pratiquement, cette condition n'est pas nécessaire et elle n'était plus exactement réalisée dans nos dernières expériences.) La graduation de la mire est faite sur 150 cm au-dessus de la zone médiane du déversoir et la règle mire dépasse le bras-support amont de 30 cm.

Comme flotteur lumineux nous employons un petit ballon de verre argenté de 6 cm de diamètre (fig. 4), lesté dans le col de manière que la demi-sphère du fond émerge seule quand le ballon a pris sa position d'équilibre. L'image du soleil, extrêmement brillante et quasi ponctuelle, que donne ce miroir, est située à 1,5 cm en avant du centre, dans une direction très voisine de ce point, quelle que soit la position du flotteur dans la partie utile du champ photographique.

Comme appareil photographique (fig. 5), nous employons une chambre 13 cm × 18 cm pouvant se décentrer verticalement de manière que l'axe de l'objectif rencontre la plaque à 3,3 cm seulement du bord inférieur. L'objectif est un élément simple de trousse Berthiot de 22,5 cm de distance focale, placé en arrière

(1) Voir également P. Morin. Sur la mesure des débits de cours d'eau dans le plateau central, *R. G. E.*, 5 avril 1919, t. V, p. 516.

Digitized by Google

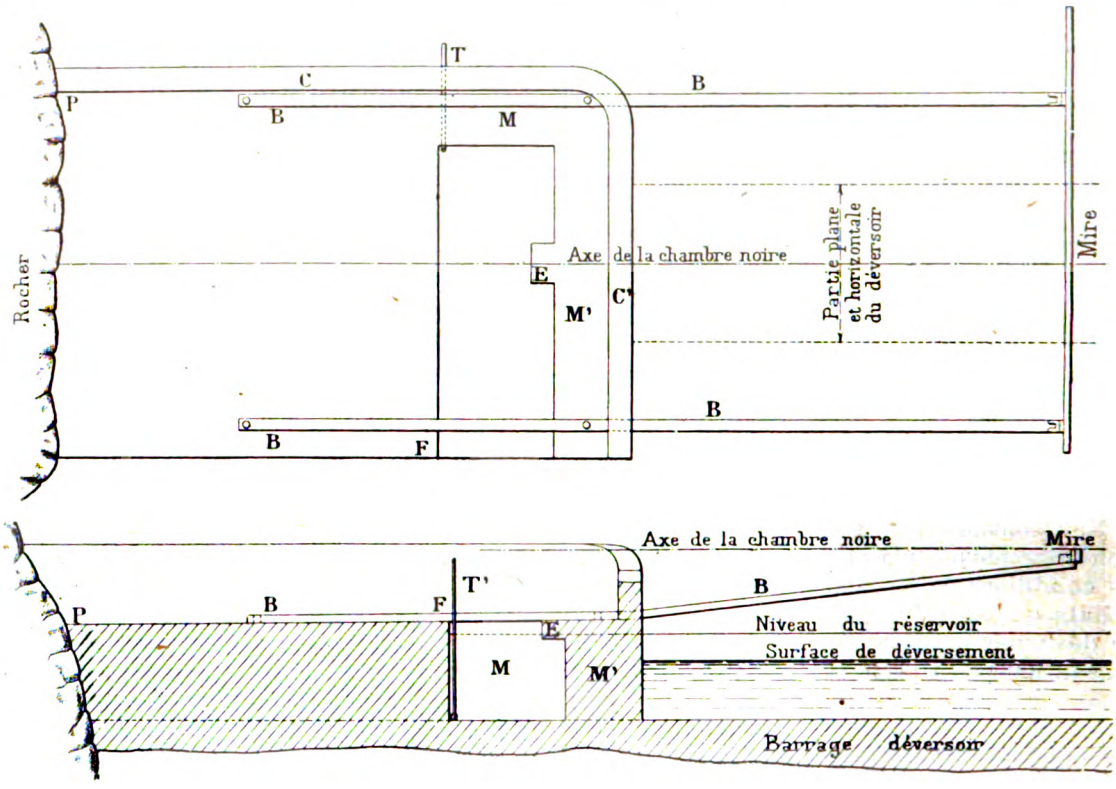


Fig. 2 et 3. — Schéma de la partie fixe du dispositif chronophotographique en place sur le déversoir.

du diaphragme. La chambre est fixée sur un lourd support qui porte en même temps, en dessous, le « mouvement d'horlogerie. Celui-ci est du type phonographe, à multi-

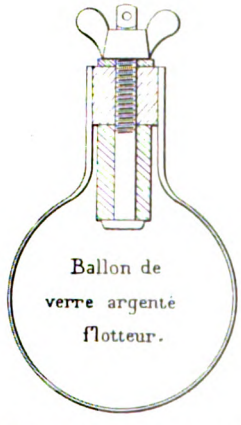


Fig. 4. — Ballon de verre argenté servant de point lumineux.

plication de $\frac{440}{9}$ par rapport à la clef remontoir; son axe rapide est à 13,8 cm au-dessous de l'axe optique de l'objectif photographique. Sur l'axe rapide est calé l'écran tournant, sorte de roue dentée en

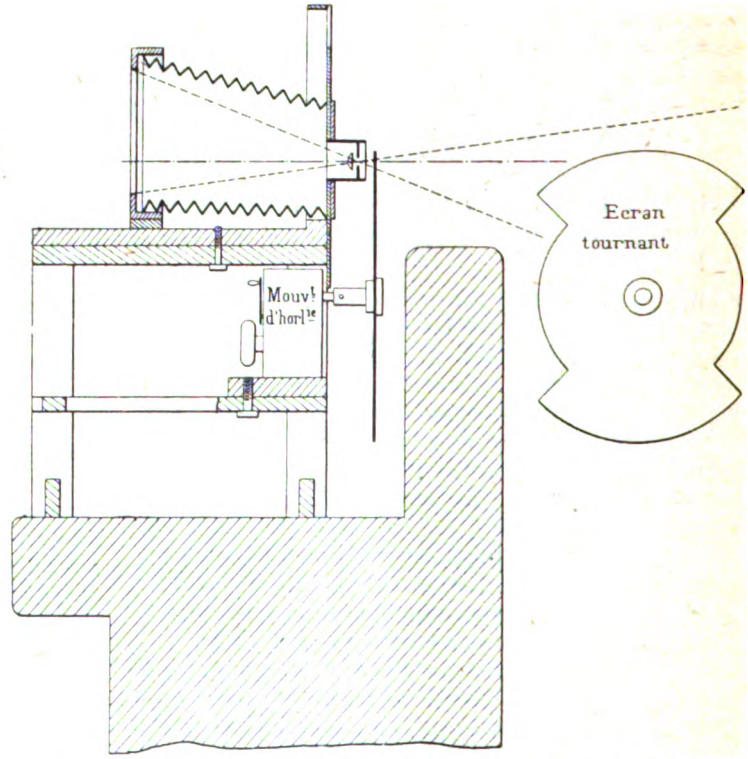


Fig. 5. — Schéma de l'appareil photographique arrangé pour l'étude de l'écoulement de l'eau en déversoir, avec mouvement d'horlogerie et écran tournant.

Digitized by Google

tôle d'aluminium présentant deux dents et des intervalles égaux aux dents. La largeur des dents, ou des creux, à la hauteur de l'axe de l'objectif, est ainsi le quart d'une circonférence de 13,8 cm de rayon, soit 21,7 cm.

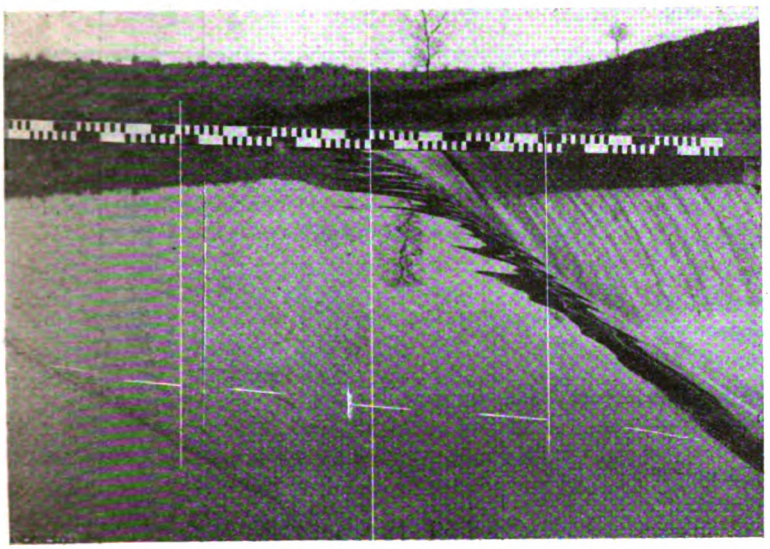


Fig. 6. — Photogramme obtenu le 29 avril 1922; épaisseur médiane, 29 cm (hautes eaux), surface tranquille ; $n\,\theta = 0{,}51$ s.

Comme l'ouverture de diaphragme adoptée en dernier lieu, largement suffisante, est 0,25 cm, le rapport de la durée de l'ouverture ou de la fermeture du diaphragme par un bord de dent à la durée d'une exposition ou d'une occultation est 0,25 : 21,7, soit environ $\frac{1}{87}$. La partie terminale incertaine des traits a donc moins de $\frac{1}{87}$ de leur longueur, ce qui donne une grande netteté aux extrémités et ne comporte pas d'erreur appréciable.

Nous avions tout d'abord pensé qu'il serait bon de disposer un fond noir au delà de la mire ; mais l'expérience a montré que c'était inutile.

II. **Mode opératoire.** — La disposition des lieux fait que nous pouvons opérer dans les meilleures conditions entre 8 heures et 10 heures, quand le soleil brille. Pour faire une opération, le mécanisme d'horlogerie est remonté à fond et mis en marche ; le ballon est amené presque au contact de l'eau, le cordon suspenseur est mis en contact avec la mire, en arrière et près de l'extrémité amont, dans la zone où l'eau n'a encore qu'une faible vitesse. La plaque étant démasquée et l'obturateur armé pour la pose, on l'ouvre en même temps qu'on laisse tomber le ballon à l'eau ; le lest du ballon passe rapidement en dessous et il est entraîné par le courant en effectuant quelques oscillations verticales bientôt amorties (sans influence sur les mesures que nous nous proposons de faire). On ferme l'objectif et l'on retire le ballon. Immédiatement après, on chronomètre trois tours (1) de clef du mouvement d'horlogerie, durant de quarante à cinquante secondes. L'on referme le châssis pour prendre une seconde plaque après avoir remonté le mécanisme.

Le ballon met au plus 1,6 s à traverser le champ utile et l'objectif est ouvert environ pendant deux secondes au maximum. Mais, comme il est masqué pendant la moitié du temps par l'écran tournant, la durée d'exposition sur le fond est moindre qu'une seconde. Comme le diaphragme est ouvert à 0,25 cm pour une distance focale de 22,5 cm, on a $\frac{f}{D} = 90$ ou $D = \frac{f}{90}$; c'est suffisant pour donner une forte impression par l'image de la mire et par celle du point lumineux mobile ; il convient même d'employer un développement lent.

Avant l'opération photographique, généralement, nous mesurons la charge, H, qui s'obtient avec grande exactitude grâce à la disposition réa-

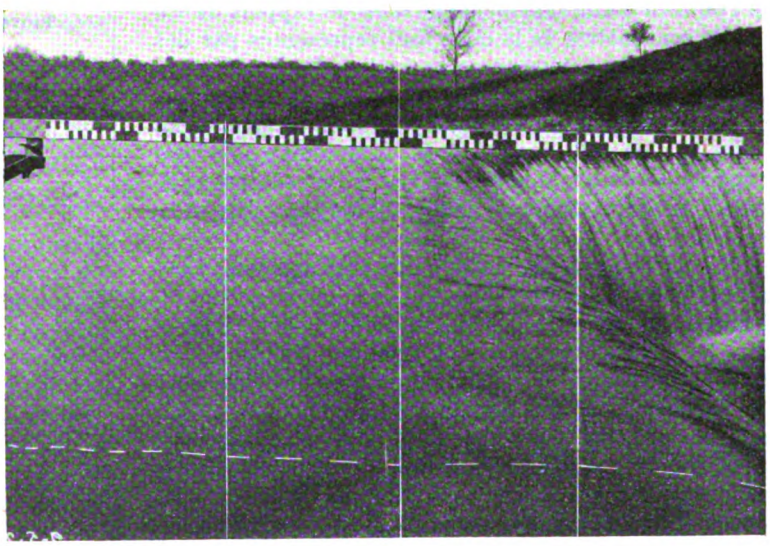


Fig. 7. — Photogramme obtenu le 9 mai 1922 ; épaisseur médiane, 12,6 cm (basses eaux), surface agitée ; $n\,\theta = 0{,}54$ s.

Le segment clair médiane est interrompu sur la droite parce que le flotteur passait dans l'ombre portée par le support gauche.

(1) On a pris trois tours, afin de réduire l'erreur relative qui est alors environ 0,2 seconde sur une durée de 40 à 50 seconde, soit de l'ordre de $\frac{1}{200}$ à $\frac{1}{250}$.

Digitized by Google

lisée; on mesure aussi l'épaisseur e de la nappe déversante au milieu de la partie plane et horizontale du déversoir, en regard de la division 75 de la mire. Cette dernière mesure est plus incertaine à cause de l'agitation superficielle, — cependant atténuée dans la nappe déversante — agitation souvent grande, surtout en période de hautes charges correspondant aux crues et à des troubles atmosphériques. Toutefois, plusieurs mesures de e, effectuées avec des valeurs différentes de H quand la surface du réservoir était absolument tranquille, miroitante, nous ayant donné des résultats toujours égaux à $\frac{2}{3}H$; nous pouvons admettre que la valeur moyenne de e, applicable en toutes circonstances, est égale aux *deux tiers de la hauteur de la charge*, ce qui nous permet de ne mesurer que cette dernière grandeur. La mesure de e s'effectue d'ailleurs très simplement et directement, au moyen d'une règle graduée à bord tranchant dirigé vers l'amont.

III. **Examen d'un photogramme.** — La plaque est posée dans le cadre d'une sorte d'appareil à retoucher; nous déplaçons au dessus une petite équerre appuyée au bord inférieur du cadre, de manière à profiler successivement les extrémités de tous les segments de trajectoire sur la mire-image, en nous aidant d'une loupe. Les distances de la plaque et de la mire au diaphragme de l'objectif étant sensiblement dans le rapport de 1 à 10, les centimètres de la mire sont représentés par des millimètres dont nous pouvons évaluer les fractions au dixième. Nous relevons donc ainsi les abscisses des points réels au millimètre et nous obtenons des séries telles que les tableaux suivants les donnent pour des expériences du 9 mai et du 13 avril 1922, réduites à peu près à la partie médiane, contenant les segments utilisables.

Les différences consécutives des abscisses, ou différences premières, nous donnent les longueurs des projections horizontales des segments successifs, c'est-à-dire les espaces parcourus pendant des intervalles de temps consécutifs et égaux; leur caractère progressif est manifeste. Si nous faisons les différences secondes, nous voyons que celles-ci oscillent, en s'écartant assez peu, autour d'une moyenne facile à trouver, dans la zone médiane du déversoir. Avec cette différence seconde moyenne, nous pouvons calculer de nouvelles différences premières et de nouvelles abscisses qui correspondraient à un mouvement uniformément accéléré. Or, nous trouvons que ces abscisses calculées, hypothétiques, diffèrent fort peu des abscisses réelles, mesurées. Les différences s'expliquent bien par l'influence des petits mouvements de surface, ondulations qui existent presque toujours. Nous sommes donc fondé à dire que, *dans la partie médiane du déversoir, le mouvement de l'eau est uniformément accéléré.* Par conséquent, si nous considérons l'espace parcouru pendant un nombre pair d'intervalles de temps, $2n\theta$, nous aurons la *vitesse à l'instant médian* en prenant la *vitesse moyenne* correspondant au temps considéré. On pourra donc prendre un espace relativement long, voisin de la largeur plane, six ou huit segments, par exemple, de manière à réduire au minimum la valeur relative de l'erreur qui correspond aux petites variations reconnues.

Tableau I.

	Abscisses lues cm	Différences premières	Différences secondes	Différences secondes égalisées	Différences premières corrigées	Abscisses corrigées cm
	38,6					38.6
	43,3	4,7			4,70	43,3
	48,5	5,2	0,5	0,28	4,98	48.3
	54	5,5	0,3		5,26	53,5
	60	6	0.5		5,64	59,1
	66,1	6,1	0.1		5,82	64,9
(2)	72,3	6,2	0.1		6,10	71
	x (1)	?	?		6,38	77.4
	85				6,66	84
	91,8	6,8			6,94	91
	98,7	6,9	0,1		7,22	98,2
	106	7,3	0,4		7,50	105.7
	113,7	7,7	0,4		7,78	113,5
	Différence seconde moyenne.		0,28			
	43,4					43,4
	53	9,6			9,6	53
	63	10	0,4	0.43	10,03	63
(3)	73,4	10,4	0,6		10,46	73,5
	83,8	10.4	0.0		10,89	84,4
	95,4	11.6	1,2		11,32	95.7
	07,3	11.9	0,3		11,75	107,4
	119,5	12,2	0,3		12,18	119.6
	Différence seconde moyenne.		0,43			

(1) Point qui s'est trouvé dans l'ombre portée par le bras support.
(2) 9 mai 1922. L'accolade indique les limites de l'espace utilisé pour déterminer la vitesse médiane.
(3) 13 avril 1922 id.

Si nous prenons la longueur l, de six segments comme pour les 13 et 19 avril, la durée de fonctionnement correspondant à un tour de clef étant t, celle du parcours d'un segment est

$$\theta = \frac{9t}{440 \times 4} = \frac{9t}{1760}.$$

La vitesse à l'instant du passage du troisième au quatrième segment est

$$v = \frac{l}{6\theta} = \frac{1760}{54} \cdot \frac{l}{t} = 32{,}6\,\frac{l}{t}.$$

IV. **Corrections.** — A. Inclinaisons. — Comme la surface de la nappe déversante est inclinée vers l'aval, la différence des abscisses extrêmes est inférieure à la

Digitized by Google

distance réellement parcourue; il y a donc, pour cette cause, une correction additive à faire. Si la pente est $\frac{1}{9}$, comme le 13 avril, la correction est de $\frac{1}{81}$. Elle n'est plus que de $\frac{1}{100}$ pour le 29. Pour les autres expériences, la pente étant encore moindre, et difficilement déterminable, nous avons négligé cette correction.

B. Epaisseur. — Il se peut que le point où la vitesse est calculée ne coïncide pas exactement avec celui où l'épaisseur de la lame déversante est mesurée (en regard de la division 75 de la mire). C'est le cas général, mais l'écart est toujours faible et inférieur à un demi-segment. En raison de la pente, il y a donc lieu de faire une correction d'épaisseur de la manière suivante. Soit A (fig. 8) le point correspondant à l'instant médian; O,

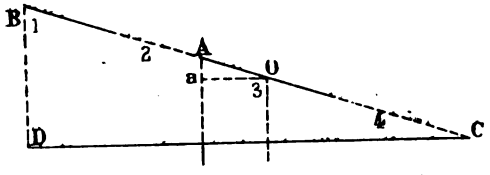


Fig. 8. — Schéma de la correction d'épaisseur.

le point axial du déversoir où l'épaisseur est mesurée. La pente de la surface $\frac{BD}{DC}$, est donnée par la photographie; la correction d'épaisseur, Aa, additive dans le cas de la figure, est donnée par la relation

$$Aa = \frac{Oa \times BD}{CD},$$

si la pente est $\frac{1}{10}$, comme le 29 avril, avec Oa, ou OA = 4 cm, la correction est + 4 mm; c'est de l'ordre de $\frac{1}{70}$ de l'épaisseur mesurée; c'est d'ailleurs la plus grande que nous ayons eu à faire. Dans les cas de pentes moindres, elle est généralement négligeable.

Il y aurait bien encore, théoriquement, une autre correction d'épaisseur à faire en raison de ce que la section à employer dans le calcul du débit est une section orthogonale non verticale. Mais cette correction, encore additive, n'atteint qu'une valeur relative égale au quart de la correction de longueur qui est elle-même de l'ordre de $\frac{1}{80}$ au maximum; nous la négligeons.

C. Correction de durée. — Il nous faut encore envisager une autre correction dont l'effet, avec notre dispositif, doit aussi augmenter la vitesse calculée précédemment. Notre écran tournant n'est pas contigu au diaphragme de l'objectif; il passe en réalité à 2 cm en avant; il se meut, d'ailleurs, en sens inverse de l'eau dans la partie voisine de l'objectif. Dès lors, quand le point lumineux mobile a parcouru la distance AB (fig. 9) que nous mesurons pour calculer la vitesse, il reste, au bord de la dent qui coupe en b le dernier faisceau lumineux, un espace ba à parcourir pour compléter un

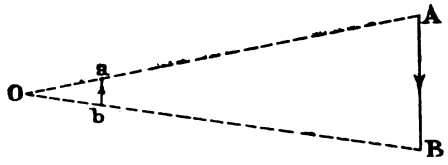


Fig. 9. — Schéma de la correction de durée.

nombre entier de fois la période θ. La durée du parcours AB n'est donc pas $n\theta$, mais ce temps diminué de ce qui est nécessaire à l'écran pour parcourir ba. Or, la distance de la mire au diaphragme étant 220 cm, soit 110 fois celle de l'écran, on a donc

$$ab = \frac{AB}{110}.$$

D'autre part, la vitesse linéaire de l'écran, suivant ba est $\frac{22 \text{ cm}}{\theta}$, la correction de temps à faire est donc

$$\tau = \frac{AB}{110} : \frac{22}{\theta} = \frac{AB\,\theta}{2\,420}.$$

Si la durée approchée du parcours AB est 6 θ, la valeur relative de la correction est

$$\frac{\tau}{6\theta} = \frac{AB}{2\,420 \times 6}$$

Dans le cas où AB = 66 cm, cette valeur de la correction est $\frac{1}{220}$. Cette valeur est encore bien faible, considérée à part; mais nous devons remarquer que les diverses corrections envisagées comme séparément négligeables agiraient toutes dans le même sens et pourraient finalement avoir une résultante de l'ordre du centième.

D. Correction relative a l'inégalité des vitesses en profondeur. — Nous avons d'abord supposé, dans un but de simplification, que tous les filets d'une même section orthogonale ont la même vitesse à tout instant; mais il est évident que les filets du fond doivent être moins rapides en raison du frottement sur la surface du déversoir. Nous nous sommes proposé de déterminer la grandeur de cette influence; pour cela, nous avons recouru à un tube de Pitot. Le tube de Pitot n'est pas un instrument absolu, mais, si nous pouvons déterminer le coefficient propre de celui que nous employons, nous pourrons en tirer commodément des indications absolues. Or, dans un cas de tranquillité

Digitized by Google

presque parfaite de la surface du réservoir et, par conséquent, de grande régularité de la nappe déversante (6 mai 1922), nous connaissions, avec la plus grande exactitude possible, la vitesse superficielle en un point déterminé. Pour calculer le coefficient du tube, il suffisait donc de trouver la hauteur h de sa dénivellation quand il était immergé non loin de la surface, dans la verticale du point où nous connaissions la vitesse réelle. Nous avons ainsi trouvé 0,89 pour coefficient de notre tube, c'est-à-dire que la vitesse réelle est

$$v = 0{,}89\sqrt{2gh}.$$

Cela établi, en disposant le tube sur le déversoir même, puis à des distances croissantes de 5 cm en 5 cm, nous obtinmes les résultats suivants :

Le tube au fond : l'eau y monte à 28 cm au-dessus du déversoir,
à 5 cm id 31,5 cm id
à 10 cm id 33 cm id
Au-dessus l'eau s'élève toujours à 33 cm.

Or, la nappe déversante ayant 21,5 cm d'épaisseur dans la verticale de ces mesures, on peut calculer les diverses valeurs de $\sqrt{2gh}$ et, par suite, les vitesses réelles, puis la vitesse moyenne de l'ensemble de la nappe. Nous avons ainsi trouvé pour cette dernière les $\frac{96}{100}$ de la vitesse superficielle correspondante. Nous n'avons pas retrouvé, depuis, les conditions favorables à la reprise de cette correction pour des épaisseurs différentes ; mais il est fort probable que nous eussions obtenu un coefficient de correction fort voisin, la résistance du fond variant comme le carré de la vitesse qui est lui-même proportionnel à la charge et à l'épaisseur de la nappe. Il se peut que la correction soit plus forte pour de très faibles épaisseurs ; mais celles-ci ne donnent que de très faibles débits, fort peu intéressants pour le but que nous poursuivons.

V. **Résultats**. — Le débit d'un déversoir peut s'exprimer ainsi

$$Q = mLH\sqrt{2gH} = mLH^{\frac{1}{2}}\sqrt{2g} = MLH^{\frac{3}{2}},$$

H, étant la charge ; L, la longueur ; m et M, les coefficients dépendant de la forme du déversoir et, dans une certaine mesure, de la charge elle-même. Nous préférons la dernière expression dans laquelle le coefficient M a une signification très nette : *débit par unité de longueur pour l'unité de charge*, soit en unités usuelles : débit en mètres cubes par seconde, par mètre courant, pour une charge de 1 m. C'est ce coefficient que nous déterminons tout d'abord ; m s'en déduit en le divisant par $\sqrt{2g}$, soit 4,43.

Pour trouver les valeurs de M correspondant à nos expériences, il nous reste donc à faire, d'abord, les produits des épaisseurs et des vitesses, corrigées quand il y a lieu, pour avoir les débits par unité de longueur. Nous exprimons ces grandeurs pour la simplicité du calcul, en centimètres et centimètres par seconde ; il suffit de diviser les résultats par 10^4 pour avoir l'expression habituelle des débits, en mètres cubes par seconde par mètre courant. Les quotients de ces nombres par $H^{\frac{3}{2}}$ nous donnent M. Le tableau suivant renferme les éléments de calcul et les résultats pour cinq charges différentes échelonnées de 48,7 cm à 18,6 cm, limites entre lesquelles le déversoir fournit la majeure partie de son débit global annuel.

Tableau II.

DATES	CHARGES H cm	ÉPAISSEURS e cm	DURÉES D'UN TOUR DE CLEF t s	NOMBRE DE SEGMENTS n	LONGUEUR DES n SEGMENTS l cm	DURÉES DE PARCOURS $n\theta$ s	VITESSES $\frac{0{,}96\,l}{n\theta}$ v cm : s	DÉBITS $ev.10^{-4}$ Q m³ : s	$\frac{Q}{H^{\frac{3}{2}}}$ M	$M : 4{,}43$ m
13 avril 1922....	48.7	32,5	13,4	6	64,8	0.41	152	0,494	1,449	0,327
29 avril 1922....	43	29	16,5	6	75,7	0.51	142	0,412	1,461	0,330
6 mai 1922.....	32,5	21,4	13,8	8	74	0.565	126	0,270	1,459	0,330
21 avril 1920....	22,5	15	18,7	4	45,3	0.382	109	0.163	1,523	0,344
9 mai 1922.....	18.6	12.6	13,2	8	51	0,54	91	0,115	1,438	0,325
Moyennes, sans tenir compte des résultats du 21 avril 1920.									1,452	0,328

Nous voyons que les cinq valeurs de M obtenues s'écartent en sens divers de leur moyenne, assez peu si nous négligeons l'expérience de 1920, la première qui nous ait donné de bons résultats photographiques, mais pour laquelle le chronométrage n'était pas sûr. Pour tenir compte des petites corrections additives négligées, nous admettons comme valeurs pratiques des coefficients

$$M = 1{,}460, \qquad m = 0{,}330.$$

Cela nous conduit à la formule définitive

$$Q = 0{,}33\,LH\sqrt{2gH} = 1{,}46\,LH^{\frac{3}{2}},$$

Q étant exprimé en mètres cubes par seconde ; L et H, en mètres.

Application. — Pour utiliser pratiquement ce résultat, voici ce qu'il conviendra de faire. On disposera un enregistreur de niveau à ordonnées rectilignes près du

Digitized by Google

barrage, là où la profondeur dépasse 43 m, quand il y a déversement et où il ne règne, par conséquent, aucun courant appréciable. On évitera le clapotis superficiel en disposant le flotteur dans un tuyau plongeant à 2 m en contrebas du sommet du déversoir. La réduction des variations à l'enregistrement sera $\frac{1}{5}$, en sorte qu'on pourra enregistrer jusqu'aux charges de 1 m, qui se présentent très rarement. Pour les charges supérieures, qui correspondent à des crues exceptionnelles, le gardien du barrage fera des lectures directes aussi fréquentes qu'il conviendra pendant la pointe de crue. Cette pointe fera l'objet d'un calcul séparé.

Pour la traduction rapide des diagrammes d'enregistrement, on se servira avantageusement d'une échelle graduée spéciale obtenue, soit par le calcul, soit par la construction qu'indique la figure 10 et dont voici la marche. Nous construisons d'abord la courbe $Q = MH^{\frac{3}{2}}$ (Q en abscisses) avec des échelles telles qu'une charge de 1 m soit représentée par 20 cm et un débit de 1,460 m³ : s par 29,2 cm ; nous reportons ensuite, sur l'axe des charges, les ordonnées des points de la courbe dont les abscisses correspondent à des multiples de 50 litres par seconde, ce qui donne l'échelle de correspondance des débits et des charges. L'échelle aura la forme d'une équerre dont on appliquera le petit côté sur une règle fixée à la ligne zéro du diagramme ; on la fera glisser pour lire successivement tous les débits unitaires qu'il sera utile de connaître. On passera ensuite aisément aux débits du déversoir entier pour lesquels il serait aussi facile de construire une échelle à lecture directe.

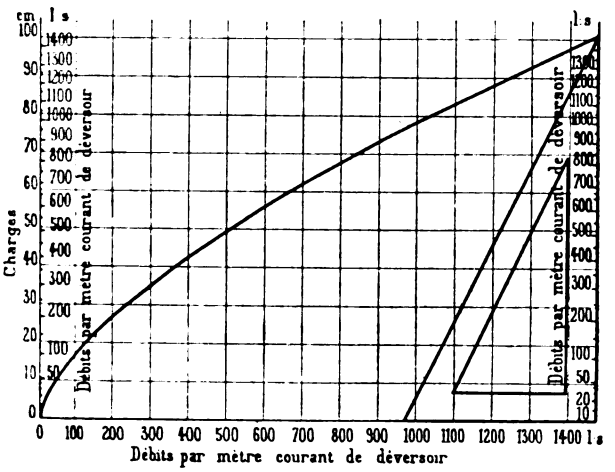


Fig. 10. — Echelle graduée spéciale pour la traduction rapide des diagrammes d'enregistrement.

VI. **Conclusion.** — Il résulte de ce travail que la valeur 0,35 que nous prîmes pour le coefficient m dans notre étude du régime des eaux de Combraille (Bassin du Haut-Cher) était trop forte d'environ 6 pour 100. Il faudrait donc réduire dans cette proportion l'ensemble de nos débits ainsi que les valeurs correspondantes des « coefficients de ruissellement » que nous en avions déduites ; le coefficient moyen de ruissellement devrait être ramené de 0,42 à 0,40. Toutefois, une partie de nos débits du Cher, celle qui correspond à la consommation de l'usine, ayant été évaluée au moyen des nombres de kilowatts-heure produits et d'un rendement hypothétique global égal à 0,75, il règne encore de ce côté une incertitude que nous nous proposons de faire disparaître en étudiant les débits du canal de fuite de l'usine par la même méthode.

Si nous utilisons la formule que Bazin a indiquée, dans son mémoire V, pour les déversoirs à seuil

$$\frac{m}{m'} = 0{,}70 + 0{,}185\,\frac{h}{l},$$

en prenant les conditions qui se rapprochent le plus de celles de Rochebut, nous trouvons pour m une valeur voisine de 0,32 dont la concordance avec notre résultat est satisfaisante et prouve au moins la validité de notre méthode chronophotographique.

P. Morin,
Professeur honoraire au Lycée de Montluçon.

La construction électrique française et la construction étrangère

D'importantes commandes de matériel électrique ont été passées à l'étranger tout récemment encore, au moment où la plupart de nos ateliers sont peu occupés. Le 28 juin dernier, M. Legouez, président de l'Union des syndicats de l'électricité, prononçait dans un banquet de justes paroles à ce sujet (« R. G. E., » 15 juillet 1922, t. XII p. 45 fin de la première colonne et début de la seconde). M. Gratzmuller avait déjà développé un sujet analogue devant la Société française des Electriciens (voir « Bulletin de la Société française des Electriciens » de juin 1920). L'auteur de cet article, qui a eu l'expérience du matériel français et du matériel américain, a fait de nombreux voyages en divers pays et a été constructeur et exploitant, pense, par les lignes ci-dessous, apporter quelque lumière dans la question, en la considérant sous divers points de vue dont on ne tient généralement pas assez compte.

1. — Les très importantes commandes de matériel électrique passées récemment à l'étranger, non seulement pour la traction, ce dont on paraît surtout s'inquiéter dans certains milieux, mais également pour les réseaux à haute tension, ont amené d'énergiques réclamations de nos constructeurs français qui sont loin d'utiliser

Digitized by Google

complètement les moyens de production considérables dont ils disposent maintenant. Il a été dit avec quelque apparence d'exactitude que, pour certaines affaires, il est impossible à une maison française d'obtenir des commandes à moins qu'elle ne s'allie à une maison étrangère laquelle, ont ajouté certains, quelque peu paradoxalement sans doute, peut être d'ailleurs quelconque.

On trouve vraiment, et trop souvent chez certains ingénieurs et exploitants de réseaux électriques, un désir bien manifeste d'acheter à l'étranger plutôt que dans leur pays. On en a donné déjà diverses explications, certaines peu à leur avantage. M. Legouëz parle de « snobisme du matériel américain » et s'élève avec juste raison contre l'invasion de nos grands réseaux, de nos entreprises nationales par un matériel que nous devrions et pourrions construire chez nous.

Il serait évidemment désirable que ces commandes à l'étranger s'arrêtassent. Dans le but d'arriver à une solution convenable de la question, il faut tâcher d'abord de la bien définir, puis examiner quelles raisons peuvent avoir les détracteurs du matériel français, qui ne sont pas forcément dénués de valeur technique et de la faculté de juger les différents matériels qui leur sont proposés, mais peuvent cependant ne pas raisonner juste quelquefois; il faut aussi se demander si les industriels français n'ont pas certains points faibles auxquels ils devraient remédier.

2. — Le matériel américain, puisque c'est surtout de celui-là qu'il s'agit actuellement, ne pourrait justifier le mot snobisme si on lui donnait, conformément à la définition qui en a quelquefois été donnée, une vertu dépréciante. Il se comporte en général fort bien et peut justifier, dans une certaine mesure, l'engouement que l'on constate.

Pour rester dans la limite des observations personnelles, je puis assurer que, au cours de ces dernières années, j'ai fait installer des machines électriques américaines de la nature la plus variée, d'une puissance totale dépassant de beaucoup 100 000 kw, en unités de 250 kw au maximum, tout ce matériel ayant été commandé pendant la guerre, alors que nos usines ne pouvaient le produire et que la question de choix n'existait pas. Le tout a donné entière satisfaction; il n'y a jamais eu, malgré un service souvent très dur, d'accident sérieux, et les quelques incidents qui sont survenus peuvent très bien s'expliquer par l'influence de causes extérieures.

J'ajouterai même que certaines de ces machines, comme par exemple onze dynamos à courant continu de 220 v, 6 000 a, 500 t: mn, ont fonctionné d'une manière irréprochable, incomparablement supérieure à la marche de cinq dynamos de 240 v, 5 000 a, même vitesse, faisant un service analogue, commandées en France et construites partie chez nous, partie dans un pays voisin. Mais il faut considérer que la comparaison n'est pas faite avec toute indépendance, qu'il y a eu en faveur du matériel américain un avantage systématique, puisque les usines qui l'ont fabriqué ont pu travailler normalement, comme en temps de paix, alors que les nôtres ne disposaient que de moyens réduits, de personnel de fortune bien souvent, et la plupart du temps de matériaux presque quelconques, impossibles à choisir convenablement (1).

3. — Dans un tel exemple, dans certains autres analogues et faciles à trouver, dont triomphent les partisans du matériel étranger, certains collectionnant avec zèle tous les cas où le nôtre s'est trouvé inférieur, et il en existe de réels, on voit quelquefois aisément la raison pour laquelle notre infériorité se manifeste: souvent aussi cette raison est plus cachée, ou bien les circonstances initiales mêmes ont fait que notre matériel était désavantagé.

Lorsqu'un exploitant désire commander une machine ou du matériel électrique quelconque à un fabricant français, il a le soin de s'entourer de personnes qu'il croit compétentes, d'experts, selon le mot aujourd'hui à la mode. Il en résulte généralement qu'on impose au constructeur de se tenir dans des limites étroites de rendement, de régulation, de poids, de dimensions et même de fini, de peinture, etc...; en un mot, tout ce qui est de nature à lui enlever ses aises et rendre sa tâche difficile, est soigneusement imposé. On examine son prix avec défiance, et, cela se voit bien souvent, en le trouvant trop élevé quel qu'il soit, une demande de réduction de prix arrivant généralement en manière d'une simple formule de conversation courante.

Au contraire, quand on s'adresse à un constructeur américain, on ne lui pose bien souvent aucune question, embarrassante ou non ; on accepte les yeux fermés tout ce qu'il dit et ses garanties, dimensions, etc., sont admises sans discussion. Quant à son prix, il est généralement inutile d'en parler. J'ai entendu un Américain répondre à une demande de réduction de prix, et on doit le féliciter de cette réponse qui malheureusement ne serait pas admise d'un fournisseur français : « Quelle raison vous amène à me demander une réduction ? Sur quoi vous basez-vous pour supposer que j'essaie de vous vendre plus cher qu'il ne vaut réellement le matériel que je vous propose? »

Aussi l'Américain, débarrassé de tout souci du côté des conditions draconiennes, peut construire des ma-

(1) Ceci peut même amener incidemment à penser aux fabrications de matériel de guerre que nos usines manufacturaient à cette époque et dont les qualités étaient autrement importantes que celles des dynamos. Les Américains qui cependant ont trouvé chez nous tous les plans, tous les procédés de fabrication dont ils pouvaient avoir besoin, ont, malgré les moyens industriels dont ils disposaient, complètement échoué dans la fabrication des canons et des projectiles. « Pas un canon n'a pu sortir de leurs usines, pas un obus tiré par eux n'était autre que de fabrication française » a dit un de nos plus importants personnages officiels, évidemment bien renseigné. Les usines françaises seraient-elles condamnées à ne réussir que dans les voies belliqueuses ? On ne saurait le soutenir sérieusement.

Digitized by Google

chines plus solides, se comportant mieux en pratique, en gagnant plus que ses confrères français.

4. — Donnons un exemple, entre autres. Les transformateurs américains actuels ont un rendement comparativement faible, quoique, on peut l'admettre, bien suffisant. Voici quelques valeurs des rendements en pleine charge pour $\cos \varphi = 1$, relatives à des appareils récents, d'après les indications des constructeurs eux-mêmes

900 kv-a;	60 p:s;	monophasé	13 200 v	0.978
1 000 kv-a;	50 p:s;	id	38 000 v	0.975
1 500 kv-a;	50 p:s;	id	38 000 v	0.978
2 850 kv-a;	25 p:s;	triphasé	9 000 v	0,971

Les constructeurs français garantissent et doivent garantir, pour ne pas voir leurs propositions éliminées, 0,5 pour 100 en mieux, pour le moins.

Il faut remarquer qu'un rendement de 0,98 au lieu de 0,985 correspond à des pertes 4 au lieu de 3, permet, par conséquent, une notable réduction des matériaux utiles, ou leur espacement plus grand, et plus d'aise dans la construction.

Certains de ces appareils américains ont une induction de près de 16 000 gauss, alors que les nôtres sont généralement peu au-dessus de 14 000 et souvent au-dessous, car on ne leur tolère généralement pas les courants de fermeture et la proportion d'harmoniques qu'entraînent forcément les très hautes inductions. Les densités de courant donnent lieu à des remarques analogues.

Ayant eu occasion d'ouvrir un transformateur monophasé américain de 1 500 kv-a, 50 p : s, j'ai trouvé des enroulements alternés, avec peu de division, une épaisseur radiale de 17 cm et, ce qui surprendra sans doute des constructeurs français, une hauteur de toutes bobines, primaires et secondaires superposées, de 22 cm seulement, au total et tout compris. Tout cela conduit à une dispersion considérable, la tension donnant le courant normal en court-circuit s'élevant à 12 pour 100 de la tension normale.

Les distances entre circuits de haute et basse tension, entre eux et la masse (haute tension 38 000 v et trois appareils en étoile sous 66 000 v) atteignent 7 cm au minimum.

Ainsi, débarrassé de toutes gênes et contraintes bien souvent accumulées sur nos compatriotes, le constructeur étranger peut alors appliquer tous ses soins à faire des appareils durables et, en fait, ceux dont je parle n'ont jamais donné lieu au moindre accident d'exploitation. Ils ont quelques inconvénients, comme un courant élevé au départ qui fait quelquefois sauter le disjoncteur; lorsque le facteur de puissance n'est pas voisin de 1 comme cela arrive lors de certains incidents, la chute de tension devient excessive, mais on s'habitue plus facilement à tout cela qu'aux démontages d'appareils brûlés.

Enfin, au point de vue esthétique, il n'y a aucune comparaison entre ces appareils et ce qu'on admettrait généralement de nos constructeurs. Les plaques et cylindres isolants, au lieu d'être compacts et durs, bien dressés et alignés, se composent de cartons minces imprégnés superposés, fort gondolés, attachés avec des ficelles et, il faut le dire, d'un assez vilain aspect. J'ai pris, pour expérience, une photographie d'un appareil neuf; je l'ai montrée à un certain nombre de nos ingénieurs en leur demandant ce qu'elle représentait; tous ont dit : « c'est un vieil appareil, c'est un appareil brûlé,... » La question est d'importance puisque ces simples isolants se montrent en pratique quelquefois supérieurs à de magnifiques pièces dignes d'expositions, qu'on peut estimer coûter environ cinq fois plus.

Autre exemple dans l'appareillage à haute tension : les interrupteurs américains consistent en deux pièces métalliques entre lesquelles on introduit une simple barrette mobile; rien ne peut être moins compliqué et, en pratique, cela semble aller très bien et est sanctionné par une longue expérience. Au contraire, on a demandé à nos constructeurs des ruptures multiples, des résistances intermédiaires — on comprend facilement quelle est la fragilité d'une résistance limitant un courant sous 60 000 ou 100 000 v — toutes choses dont je ne discute pas ici la valeur ou l'utilité théoriques, mais que les Américains négligent, au moins dans le plus grand nombre de cas, et qui, bien certainement, rendent souvent nos appareils inutilement plus coûteux et plus sujets à dérangements.

On trouverait beaucoup d'exemples de même nature, qui sont la continuation d'un état d'esprit général de défiance envers les constructeurs français et aussi d'un désir trop répandu d'imposer des volontés sans discussion. J'ai vu, récemment encore, un exploitant refuser à un constructeur réputé le droit de proposer, d'en discuter même les avantages, et toute question de prix mise à part, un alternateur de basse tension avec transformateur au lieu d'une machine trop petite de l'ordre de 6000 v et 40 kw. Nos règles sur la construction des moteurs asynchrones qui obligent à des rotors bobinés (1) au lieu de la cage d'écureuil universellement employée aux Etats-Unis où elle est bien au point, abaissent inutilement le rendement et le facteur de puissance; elles rendent nos machines plus fragiles et permettent des comparaisons peu à l'avantage de nos constructeurs.

Le démarrage des commutatrices sous demi-tension qui, convenablement réalisé permet de lancer et mettre en service une machine de plusieurs milliers de kilowatts en une minute au plus avec un à-coup très raisonnable, est techniquement en retard chez le plus grand nombre de nos constructeurs auxquels on a imposé trop souvent des moteurs de démarrage divers

(1) Dans le cahier des charges relatif à une installation alimentée par une de nos usines qui sera la plus forte du monde (propriété qu'elle partagera avec plusieurs autres) on ne tolérait pas de moteurs à cage d'écureuil au-dessus de 2 ch; mais cela n'a pas suffi et une correction à la plume a ultérieurement abaissé la limite à 1,5 On refuse en certains endroits un moteur de 2 ch à cage d'écureuil et on admet un moteur de 20 ch à bagues sur la même dérivation.

Digitized by Google

qui, en plus d'ennuis qu'ils apportent, font perdre à la machine son élégante et précieuse simplicité.

5. — En résumé, la compétition que l'on a créée entre nos constructeurs et leurs confrères américains n'est pas entièrement loyale et elle impose aux nôtres l'acceptation de charges initiales et la résolution de problèmes plus difficiles. Cette rigueur relative se poursuit d'ailleurs quand le matériel est en exploitation. On a vu quelquefois insister lourdement sur les défauts relevés sur du matériel français, tout en cachant soigneusement ce qui arrivait au matériel étranger analogue. Il existe d'ailleurs une explication simple de cette différence de traitement : le constructeur américain est loin, les communications avec lui difficiles à cause de la distance et de la différence de langage. On préfère souvent, pour en terminer, vivre avec certains défauts et même les dissimuler.

J'ai souvenance que dans une installation, faite dans un pays voisin, de matériel français consistant en groupes de 1 000 kw composés de dynamos à courant continu et de moteurs à cage d'écureuil, le démarrage de ces derniers à demi-tension ne put être obtenu sûrement; neuf fois sur dix, un homme devait légèrement pousser le rotor pour faciliter le « décollage » ; les dispositions s'y prêtaient d'ailleurs aisément. Grande colère du client, discussions, arbitrage, confusion du constructeur condamné à fournir gratuitement et installer avec ses tableaux et accessoires, un groupe complet supplémentaire, imposé *identique*, dont le client avait grand besoin et qu'il obtenait ainsi sans bourse délier.

Cet exemple a un pendant. Dans une installation récemment terminée, un constructeur américain livra un groupe de 2 000 kw composé d'un moteur synchrone et d'un alternateur; le moteur devait démarrer directement à tension réduite; il ne put jamais être lancé et, dans les meilleures conditions de tension appliquée, avec un courant considérable provoquant une grande chute de tension, il fallait recruter une équipe de huit hommes dans les ateliers voisins pour pousser le rotor; finalement on souleva temporairement ce dernier au moyen du pont roulant. L'exploitant, sûrement plus gêné que le précédent, ne manifeste guère que de l'hilarité en voyant la piteuse mine de l'ingénieur américain après chaque insuccès. Quelques mois de correspondance inutile avec le fournisseur répondant à côté de chaque demande, et tout fut arrangé; l'installation marchera indéfiniment ainsi (1). Cela prouve bien qu'il est avantageux pour un fournisseur d'être loin de ses clients.

6. — Après avoir ainsi examiné certains points montrant que les partisans du matériel étranger basent souvent leur appréciation sur des arguments entachés d'erreurs systématiques ou de parti pris, il faut ajouter que les constructeurs français ne sont pas dénués des défauts qui favorisent la continuation de ces errements.

M. Gratzmuller, dans sa communication à la Société française des Electriciens de juin 1920, a justement attiré l'attention sur le péril qu'il y a au point de vue national, pour la construction française à placer toute sa confiance et son avenir technique dans des maisons mères étrangères. Nous renvoyons à son article pour les intéressants développements de ses idées ; il montre clairement que l'achat de plans étrangers met en retard constant et impose « un décalage forcé maintenant aussi forcément et indéfiniment en servitude ».

De plus, une maison ayant des attaches à l'étranger, établie grâce à une participation importante de capital étranger, peut être amenée à retarder sciemment certaines constructions nationales si, grâce à ses ententes, cela se traduit par un supplément de bénéfice, des commissions importantes, des transactions de diverses espèces.

Les constructeurs français sont en nombre trop grand et tous ne possèdent pas un outillage et des moyens techniques suffisants, chacun d'eux est trop enclin à vouloir éclipser les autres par des procédés de suroffres. Les constructeurs américains sont en petit nombre, chacun d'eux ayant d'énormes usines pouvant supporter des frais généraux élevés et dispose de puissants moyens. La dispersion des efforts, défaut trop répandu en France en général, amène ainsi à une réduction de la qualité moyenne des produits quoique, au point de vue théorique au contraire, elle favorise l'éclosion des idées nouvelles.

Chacune des maisons françaises possède des brevets qu'elle garde en général très soigneusement, même si elle ne les utilise pas. Ses concurrents s'efforcent d'en établir d'autres qui les remplacent ou les tournent habilement; on arrive ainsi à encourager d'importantes recherches, mais sans produire suffisamment. Par exemple, les moteurs alternatifs à collecteur font l'objet d'une multitude de brevets possédés par un nombre assez grand d'individus et de sociétés; on peut dire qu'on n'en a rien fait ou à peu près; peut-être en serait-il autrement si l'ensemble s'était trouvé réuni ? (1).

Nous sommes aussi gênés par l'absence de documentation sur ce qui s'est fait, même chez nous. Des travaux très importants sont oubliés. Dans des sociétés de construction il arrive même que, le personnel ayant changé, des documentations considérables se trouvent oubliées. On me disait récemment que la direction d'une importante société ayant décidé de demander aux services techniques d'étudier certains appareils qui lui paraissaient intéressants et qu'on n'était pas en mesure d'offrir à la clientèle, se vit montrer par un ancien ingénieur des propositions complètes de ce même matériel remises à des clients douze ans auparavant.

(1) C'est moi-même qui représentai le constructeur français dans le premier cas et le client français dans le second, pour les essais qui eurent lieu; dans les deux cas je fus pour la modération, mais pas avec le même succès.

(1) A ce point de vue la modification de notre loi des brevets forçant à indiquer le nom de l'inventeur réel serait probablement favorable à tous, les personnes parlent entre elles généralement plus facilement et plus librement que les sociétés.

Digitized by Google

Les meilleures machines à courant continu haute tension, potentiel constant, que l'on ait faites, ont, assure-t-on, disparu à tel point de la mémoire du constructeur qui les a réalisées qu'il ne les donne même pas comme référence, en indiquant seulement celle d'une construction étrangère (1).

On s'étonne de la hardiesse des Américains qui emploient des moteurs synchrones pour obtenir un meilleur facteur de puissance. Mais que faisait Labour autrefois? Ses moteurs synchrones, bien souvent monophasés, étaient évidemment peu puissants; ils avaient certains inconvénients. Mais il y a de cela une trentaine d'années ou presque, ils actionnaient les machines-outils en usage à cette époque et cadraient avec elles.

On disait récemment qu'on avait l'intention en haut lieu de faire venir des câbles américains pour nos lignes téléphoniques parce qu'ils devaient être « pupinisés! » Pourquoi ce mot étrange après les travaux de Vaschy et de ses successeurs?

L'absence de documentation convenable dans le monde électrique français en général nous est néfaste. Elle conduit à ignorer le parti que l'on peut tirer des travaux considérables de nos compatriotes qui nous ont précédés; combien d'entre nous n'ont-ils pas travaillé à inventer des choses connues depuis longtemps?

L'apparition d'une encyclopédie complète, comme celle que dirige M. Blondel peut ainsi être fort utile si elle est tenue progressivement au courant des progrès réalisés.

Il serait très désirable que nos industriels, au lieu de cacher soigneusement ce qu'ils font, prissent au contraire l'initiative de publications intéressantes et de communications complètes, sans inutiles réticences (1). L'avantage industriel s'obtient non pas au moyen d'efforts pour garder ce que l'on possède actuellement, mais par son perfectionnement incessant.

Des modifications sérieuses devraient se produire dans nos idées sur la direction des sociétés, en attachant aux questions techniques l'importance qu'elles devraient relativement avoir, qui disparaît trop actuellement devant des considérations administratives ou financières. M. Gratzmuller, au travail duquel nous renvoyons, a dit à ce sujet beaucoup de choses intéressantes.

Enfin, et pour conclure, nos grandes entreprises doivent-elles acheter du matériel français? Nos ingénieurs sont-ils capables de l'établir et nos usines de le construire? Evidemment oui, avec assurance de succès, et malgré les défauts que nous avons découverts ci-dessus, qu'il vaudrait mieux ne pas avoir mais avec lesquels on peut vivre ou vivoter. Il faut que ceux qui commandent ledit matériel le fassent avec la même largeur d'idées que lorsqu'ils commandent du matériel étranger. Au lieu de ces conditions sévères, de ces programmes rigides et intangibles, qu'ils choisissent des fournisseurs compétents et consciencieux et les considèrent comme des collaborateurs avec lesquels ils établiront un programme définitif et le réaliseront; c'est d'ailleurs comme cela qu'on fait généralement aux Etats-Unis.

P. Bunet,
Ingénieur E. P. C. I. Vice-Président de la Société française des Electriciens et du Syndicat professionnel des Ingénieurs électriciens français.

Revues, analyses et informations

La compensation du déphasage, principalement en ce qui concerne les moteurs polyphasés (2).

La première partie de cette étude a trait aux moteurs monophasés; nous ne nous y arrêterons pas, ces machines étant d'un emploi relativement peu fréquent en Europe. Le lecteur que la question intéresserait pourra se reporter à l'article original. La deuxième partie est relative aux moteurs polyphasés.

1. **Compensation du déphasage par introduction, dans le circuit inducteur, de forces électromotrices de phases opposés aux forces électromotrices de réactance du rotor.** — Il faut tout d'abord faire une distinction entre les différents types de moteurs polyphasés; les uns, purs moteurs d'induction, à rotor à bagues ou à collecteur, présentant toujours une caractéristique de vitesse shunt; les autres ne comprenant que des moteurs à collecteur fonctionnant de façon mixte, à la fois par conduction et induction, et pou-

(1) En plus du matériel de la Société d'Eclairage et de Force, de petite puissance, on trouvait à Paris et environs l'installation de la Compagnie Edison, qui possédait un réseau à 4 500 v continu, trois fils, sur lequel se trouvait du matériel construit entièrement en France, l'un n'ayant donné qu'assez médiocre satisfaction établi suivant des dessins étrangers, l'autre de beaucoup supérieur étudié en France. Il y avait des unités de 550 kw (puissance assez grande en 1900) avec un appareillage correspondant. Les machines du type français ne nécessitaient aucun décalage et supportaient convenablement les fortes surcharges. Après douze ans d'exploitation elles étaient en bon état; la plupart des collecteurs n'avaient jamais été tournés et beaucoup de balais dataient du jour de la mise en marche. Chaque unité était établie pour 2 250 v avec deux collecteurs pour les machines sans pôles de commutation et un seul collecteur pour celles qui en comportaient. Les Américains font 1 200 à 1 500 v avec deux machines en série, plus de vingt ans après.

(2) Val. A. Fynn, *Journal A. I. E. E.*, janvier 1921, t. XL, p. 48-64, 31 fig. Cet article sert de complément à une série d'articles du même auteur parus dans l'*Electrical World*, des 5, 12 et 19 juillet 1913 qui concernaient plus particulièrement le cas des moteurs monophasés.

(1) Si l'on compare notre « Bulletin de la Société française des Electriciens » avec celui de la société américaine qui lui correspond, on est immédiatement frappé de la différence. Dans ce dernier, tout ce qui est nouveau fait l'objet d'études et de discussions, tandis que chez nous on se trouve limité à des communications éparses et sans direction. Le plus grand nombre des sujets nouveaux n'y ont jamais été effleurés.

Digitized by Google

vant alors présenter des caractéristiques de vitesse, ou shunt, ou série. La caractéristique shunt pure d'un moteur d'induction peut cependant être modifiée, soit par combinaison avec une machine à collecteur dans le cas d'un rotor à barres, soit par certains dispositifs spéciaux.

Dans chacune des catégories envisagées, l'étude porte sur les moteurs diphasés dont la théorie et le diagramme du fonctionnement sont plus simples, la self-induction mutuelle entre les bobinages du stator et du rotor disparaissant par suite du décalage des enroulements correspondant à chaque phase.

Le moteur asynchrone d'induction à rotor à collecteur dont le schéma est représenté sur la figure 1 se comporte au repos comme un transformateur dont le secondaire est court-circuité.

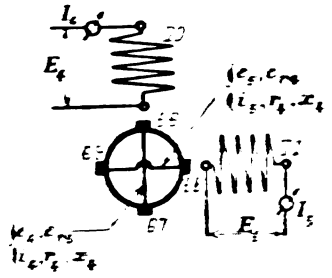


Fig. 1. — Moteur d'induction diphasé shunt à collecteur.

Par suite de la valeur de la constante de temps du rotor, les courants secondaires dans chacune des deux phases sont fortement déphasés en arrière des forces électromotrices rotoriques correspondantes : en conséquence, les courants primaires des mêmes phases sont sensiblement dans la même position relative par rapport aux forces électromotrices appliquées aux bornes des enroulements statoriques ainsi qu'on le voit sur les figures 2 et 3.

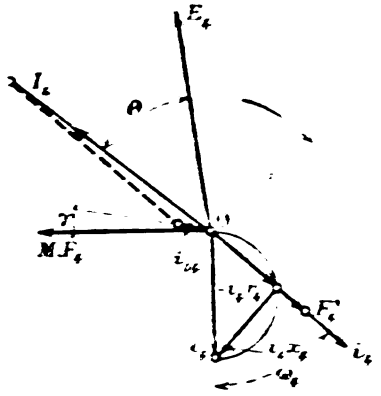


Fig. 2. — Diagramme suivant l'axe θ_s du moteur de la figure 1, celui-ci étant au repos.

Si le moteur est chargé, le rotor glisse légèrement et l'on obtient de nouvelles caractéristiques de fonctionnement. La rotation du rotor, jointe dans le diagramme de chaque phase deux forces électromotrices dynamiques dues, l'une à la rotation des conducteurs rotoriques dans le champ de la deuxième phase du stator, l'autre à la rotation de ces mêmes conducteurs dans le flux de fuites de la deuxième phase du rotor. Ces deux forces électromotrices combinées avec la force électromotrice statique donnent la force électromotrice résultante agissant sur chaque circuit rotorique. La constante de temps rotorique gardant la même valeur, le courant rotorique est déphasé du même angle que précédemment par rapport à la force électromotrice résultante, quelle que soit la vitesse (voir les figures 4 et 5).

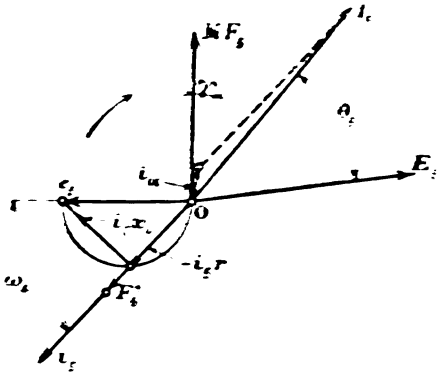


Fig. 3. — Diagramme suivant l'axe θ_s du moteur de la figure 1, celui-ci étant au repos.

Malgré cette invariabilité de la valeur de la constante de temps rotorique, les courants rotoriques sont alors presque en phase avec les forces électromotrices de travail correspondantes. Ce résultat est dû aux forces électromotrices dynamiques engendrées par la rotation de l'induit dans ses flux de fuites rotoriques : au synchronisme, celles-ci compensent presque entièrement les forces électromotrices de réactance du rotor, et le courant rotorique est en phase avec la force électromotrice de travail ; aux vitesses hypersynchrones, ces forces électromotrices sont inférieures aux forces électromotrices de réactance du rotor ; aux vitesses hypersynchrones, elles seraient supérieures à celles-ci. Etant donnée l'interdépendance et la réciprocité des axes de phases, les relations de phases à l'intérieur d'un tel moteur ne peuvent être influencées par un décalage du système de balais ou un déphasage simultané des forces électromotrices d'alimentation. Le

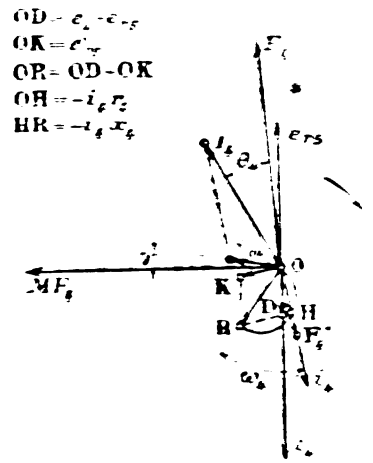


Fig. 4. — Diagramme suivant l'axe θ_s du moteur de la figure 1, celui-ci étant en marche.

Digitized by Google

décalage d'un seul jeu de balais ou le déphasage d'une seule des forces électromotrices d'alimentation modifierait par contre ces relations de phases : le facteur de puissance serait alors augmenté sur une phase et diminué sur l'autre. On constate que l'on peut facilement compenser le déphasage dans ces machines par amplification de la caractéristique d'auto-compensation, en injectant dans le rotor une force électromotrice de même phase que la force électromotrice de

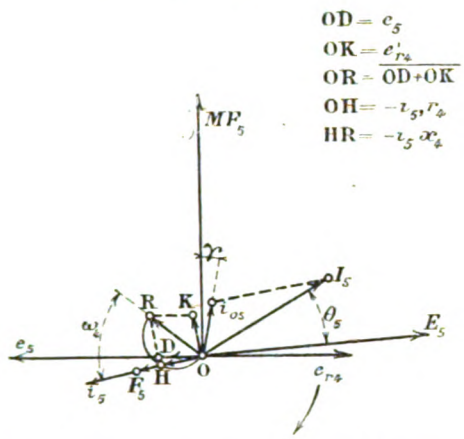


Fig. 5. — Diagramme suivant l'axe 68-69 du moteur de la figure 1, celui-ci étant en marche.

rotation dont il est question et qui se trouve sensiblement en opposition avec la force électromotrice aux bornes de l'enroulement statorique de la deuxième phase. On pourra réaliser simplement un dispositif dans lequel la force électromotrice injectée sera dérivée de la deuxième phase du stator, ainsi qu'on le remarque sur la figure 6.

Un désavantage de cette méthode de compensation réside dans l'augmentation de la résistance et de la réactance du

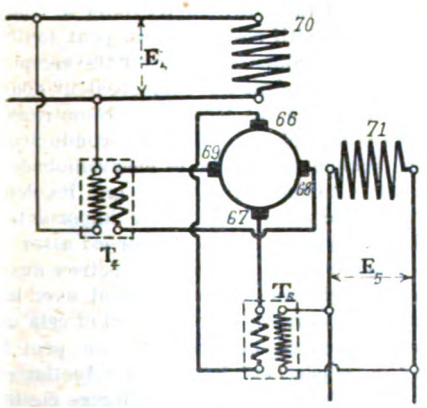


Fig. 6. — Moteur d'induction diphasé shunt, compensé et à collecteur.

circuit principal, ce qui diminue le rendement du moteur et nécessite, pour équilibrer la réactance extérieure et intérieure, une valeur assez importante de la force électromotrice injectée.

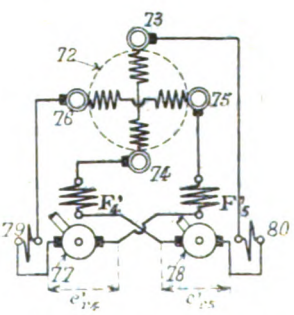
D'autre part, si l'on veut conserver la même valeur au facteur de puissance pour différentes charges, il est nécessaire de faire varier la valeur de la force électromotrice injectée, la réactance extérieure n'étant équilibrée par aucune auto-compensation. On peut par un choix judicieux de la valeur de cette force électromotrice injectée, compenser exactement la composante magnétisante des courants statoriques, ou même la surcompenser.

Les moteurs polyphasés d'induction à bagues peuvent également être compensés, à la seule condition que l'on fournisse au rotor des forces électromotrices de périodicité appropriée ; cette transformation de fréquence s'effectue automatiquement dans le cas du rotor à collecteur. De plus, la force électromotrice injectée doit être déphasée d'environ 90° en avant par rapport à la force électromotrice d'alimentation correspondante.

Divers dispositifs ont été imaginés pour satisfaire à ces conditions ;

1° Dans le premier moyen proposé, l'enroulement rotorique biphasé comporte quatre bagues, soit deux par phase ; chacune des phases du rotor est reliée à deux génératrices à courant alternatif munies d'un collecteur et pouvant tourner dans le sens qui sera désirable ; chaque phase est reliée en série avec l'induit de l'une des deux génératrices et avec l'enroulement d'excitation de l'autre ; chacune des génératrices porte un enroulement compensateur (fig. 7).

Le courant de l'une des phases excite la génératrice couplée en série dans le circuit de l'autre phase et le flux produit est en phase avec le courant qui lui donne naissance. La rotation de l'induit de la génératrice dans ce flux donne une force électrodynamique en phase avec ce dernier, de même fréquence que lui, et qui a une valeur dépendant de l'intensité du flux et de la vitesse de rotation de l'induit de la génératrice, mais qui est en quadrature avec le courant de la phase rotorique dans le circuit de laquelle est inséré l'induit. Si cette force électromotrice est injectée dans le sens voulu, elle s'opposera aux forces électromotrices de réactance de ce circuit. Les dispositifs des figures 7 et 1 présentent entre eux certaines analogies : les flux de fuites rotoriques et les flux d'excitation des génératrices insérées dans les circuits rotoriques, de même que les forces électromotrices (fig. 4 et 5) et les forces électromotrices produites dans les génératrices sont comparables. Toutefois, la fréquence de ces forces électromotrices était constante dans le cas du rotor à collecteur, tandis que dans le cas présent elle varie avec la fréquence des courants rotoriques, c'est-à-dire avec le glissement du rotor. Le dispositif employé avec



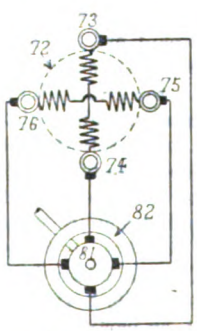


Fig. 7. Moteur d'induction polyphasé shunt à bagues avec plusieurs génératrices de compensation série dans le circuit induit. — Fig. 8. Moteur d'induction polyphasé shunt, à bagues, avec une génératrice de compensation série dans le circuit induit.

le rotor à collecteur permet d'amener le facteur de puissance à la valeur unité aussi bien à vide qu'aux différentes charges. Il n'en est pas de même pour le système de la figure 7, avec lequel on ne peut compenser à vide ou à

Digitized by Google

faible charge sans hypercompenser à pleine charge; les courants rotoriques varient en effet avec la charge, alors qu'une force électromotrice de compensation de valeur sensiblement constante est suffisante pour assurer un bon facteur de puissance entre les marches à vide et en charge. La disposition de la figure 6 est en quelque sorte « shunt », tandis que celle de la figure 7 est « série ». Dans le dernier cas, la réactance des génératrices peut être sensiblement réduite, comparativement à la valeur des forces électromotrices de compensation qui peuvent être produites. La fréquence des forces électromotrices de compensation étant indépendante de la vitesse des génératrices, celles-ci peuvent tourner à grande vitesse; par suite, le flux peut être très faible, d'où diminution de la résistance de ces génératrices. Pour la même raison, on peut réduire les ampères-tours sur l'induit. Les enroulements compensateurs aident encore à la réduction de la réactance.

2° Un dispositif de compensation préférable au précédent (procédé Scherbius-Leblanc) consiste à employer une seule génératrice de compensation du type-série pour toutes les phases du rotor (fig. 8). Le stator de cette compensatrice est constitué par des tôles, mais ne porte pas d'enroulement; l'induit, supposé bipolaire, porte deux jeux de balais, décalés de 90° électriques. Chaque phase de l'enroulement rotorique biphasé est reliée à un jeu de balais diamétral; les dispositions sont prises pour faire tourner l'armature 81 à la vitesse convenable.

Lorsque l'armature est au repos et connectée au rotor 72, elle est le siège d'un champ tournant à une vitesse qui dépend du glissement du moteur à compenser. Dans ces conditions l'armature agit comme une réactance positive, comme une bobine de self-induction (choke coil).[1]

Si maintenant l'armature est mise en rotation dans le sens du champ tournant produit par les courants du rotor et à la même vitesse que ce champ, le mouvement relatif entre les conducteurs et le flux est nul, il n'y a pas de force électromotrice induite et l'armature agit comme une résistance ohmique.

La vitesse de l'armature étant augmentée dans le même sens, les forces électromotrices induites ont alors une direction telle que l'armature agit comme un condensateur, elles sont déphasées en avant sur les courants du rotor, leur grandeur peut être réglée à volonté en faisant varier la vitesse de rotation de l'armature. Indépendamment de cette vitesse de rotation, la périodicité des forces électromotrices déphasées en avant est toujours la même que celle des courants du rotor, grâce au jeu du collecteur.

Les tôles du stator 82 peuvent être supprimées, mais il en résulte une diminution considérable du flux tournant pour une même intensité des courants du rotor. Il est encore possible de combiner le stator 82 avec l'armature 81 en supprimant totalement ou en partie seulement l'entrefer qui existe dans la première solution, dans ce cas les deux parties de la machine tournent ensemble.

L'inconvénient de cet appareil est de donner une compensation nulle à vide, et insignifiante aux faibles charges; on peut en partie remédier à ce désavantage en saturant une partie du circuit magnétique. En utilisant des dispositifs de réglage compliqués, on pourrait faire fonctionner ces compensateurs avec une caractéristique shunt, ce qui ne paraît pas avoir d'intérêt pratique.

3° Les dispositifs de compensation à caractéristique série ne permettent pas d'obtenir une valeur élevée du facteur de puissance à vide, par suite du manque d'excitation du compensateur lorsque le glissement du moteur à compenser devient faible. On a essayé de remédier à cet inconvénient par l'emploi du dispositif suivant, représenté sur la figure 9. Chaque phase rotorique est reliée à la ligne correspondante de balais de la génératrice à collecteur; entre les balais d'une même phase se trouve inséré, en parallèle

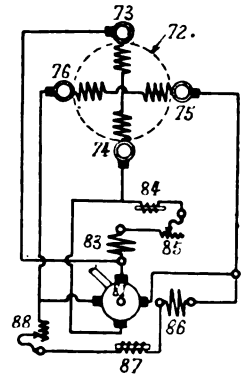


Fig. 9. — Moteur d'induction polyphasé shunt, à bagues, avec une génératrice shunt de compensation dans le circuit induit.

avec l'induit, un enroulement placé sur le stator du compensateur et disposé de sorte que son axe coïncide avec l'axe du jeu de balais correspondant (1).

La force électromotrice apparaissant à chacun des jeux de balais, du fait de la rotation du compensateur, est injectée dans l'enroulement d'excitation en ligne avec ce jeu. Le but de ce dispositif est de produire à chaque jeu de balais une force électromotrice déphasée de 90° en avant du courant passant par ces balais. Le flux produit dans un enroulement shunt est pratiquement déphasé de 90° par rapport à la tension aux bornes; par suite, le flux dû à l'enroulement d'excitation sera sensiblement en phase avec le courant de l'induit du compensateur dans la ligne de balais correspondante. Le moteur fonctionnant à vide, la force électromotrice de glissement et le courant rotorique ont une très faible valeur; aussi est-il alors difficile d'exciter le compensateur même avec le dispositif ci-dessus; on peut toutefois, dans certaines conditions, obtenir des résultats acceptables. Les flux produits dans l'induit du compensateur donnent naissance, par induction, à des forces électromotrices dans les enroulements shunt, et la rotation des conducteurs de l'induit produit également des forces électromotrices; les premières gênent la compensation, alors que les deuxièmes la favorisent et excèdent d'une valeur importante les premières, si la vitesse du compensateur est assez élevée. La relation de phase entre la force électromotrice aux bornes et le flux varie dans les enroulements shunt avec la variation de fréquence des courants de glissement et cela oblige à un réglage de l'impédance des circuits; on peut facilement réaliser ce dernier par l'emploi de self-induction et de résistances réglables. On peut obtenir des forces électromotrices de compensation sensiblement égales à toutes charges. Ce dispositif permet de régler la vitesse aussi bien que le facteur de puissance. On peut aussi neutraliser la réaction d'induit du compensateur.

4° Un autre dispositif employé pour la compensation du déphasage dans un moteur polyphasé à bagues, aussi bien à vide qu'en charge, consiste dans l'emploi d'un convertisseur de fréquence placé entre les bagues du rotor et le réseau, comme cela est indiqué sur la figure 10.

(1) Un compensateur de phase shunt. A. Scherbius. *E. T. Z.*, 1er septembre 1921.

Digitized by Google

Un inconvénient du système consiste dans l'obligation de synchroniser mécaniquement ou électriquement le convertisseur de fréquence avec le rotor du moteur asynchrone. La phase de la force électromotrice injectée, par rapport à la tension aux bagues, varie avec le calage des balais sur le collecteur du transformateur de fréquence ; les relations de phase sont également affectées par une modification de

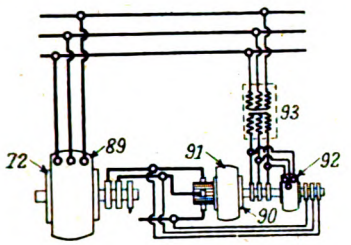


Fig. 10. —Moteur d'induction polyphasé shunt, à bagues, avec un convertisseur de phase de compensation dans le circuit induit.

phase des forces électromotrices d'alimentation du convertisseur, ou par un déplacement angulaire du rotor du convertisseur par rapport au rotor du moteur principal Généralement, la synchronisation est électrique et le transformateur de fréquence est entraîné par un moteur auxiliaire qui n'a à fournir que les pertes mécaniques, les pertes cuivre et les pertes fer étant fournies par le réseau d'alimentation du convertisseur. Ce dispositif peut être avantageusement employé pour la régulation de la vitesse.

5° Une autre méthode de compensation moins parfaite, mais fort intéressante, utilise les propriétés du vibrateur (fig. 11).

Dans chaque phase du rotor du moteur principal est inséré un induit de machine à courant continu libre d'osciller

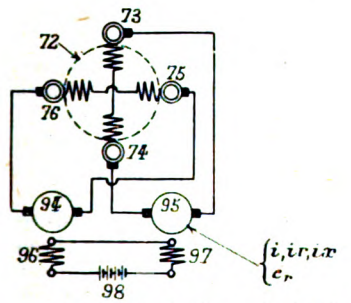


Fig. 11. — Moteur d'induction polyphasé shunt, à bagues, avec oscillateurs de compensation dans le circuit induit.

dans un champ de direction et grandeur constantes ; chacun de ces induits est muni d'un collecteur sur lequel frottent des balais fixes ; les inducteurs de ces machines spéciales (vibrateurs) sont excités par du courant continu. Les frottements sont réduits au minimum (1).

Les courants rotoriques sont alternatifs, et de fréquence faible près du synchronisme : dans ces conditions, chacun des induits de vibrateur est soumis à un couple alternatif. Un induit oscillant ne pouvant fournir ou absorber du travail de façon permanente, la force électromotrice doit avoir un déphasage de 90° par rapport au courant d'induit du vibrateur. Le courant traversant l'induit aura sa valeur maximum quand le vibrateur sera au repos et sera nul lorsque ce dernier aura sa vitesse maximum. La force électromotrice induite dans les conducteurs aura au contraire sa valeur maximum lorsque l'induit du vibrateur aura sa vitesse maximum et sa valeur minimum quand ce dernier sera au repos. La force électromotrice dynamique est déphasée de 90° en avant du courant traversant l'induit du vibrateur.

Pendant un quart de la période de la variation d'intensité, il faut fournir de l'énergie au vibrateur ; ce dernier travaille en générateur dans le quart de période suivant, et ainsi de suite, ainsi qu'on le voit sur la figure 12.

L'induit du vibrateur a une réactance propre ; il existe, par suite, dans celui-ci, une chute ohmique et une chute induc-

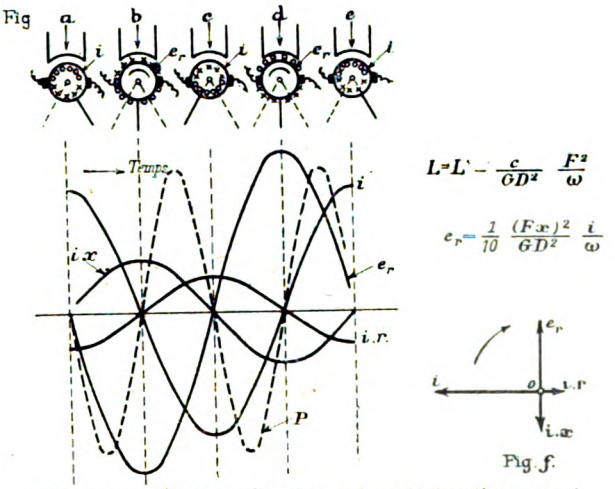


Fig. 12. — Relations des phases dans le fonctionnement du vibrateur (récupérateur ou oscillateur).

tive ; si l'on veut obtenir la compensation, il faut déterminer les constantes de l'appareil, de façon à ce que la force électromotrice induite soit plus importante que la force électromotrice de réactance. Le vibrateur étant construit de façon à supprimer les réactions élastiques et à rendre les effets d'amortissement négligeables relativement à l'effet d'inertie de la partie tournante, le coefficient de self-induction de l'induit peut alors être représenté approximativement par la formule simple

$$L = L' - \frac{c}{P D^2} \times \frac{F^2}{\omega^2},$$

dans laquelle les symboles ont les significations suivantes : L', coefficient de self-induction du bobinage mobile ; c, constante dépendant des dimensions de l'appareil ; F, flux constant en grandeur et direction dans lequel se déplace le vibrateur ; ω, fréquence du courant dans l'induit ; P, poids de la partie mobile ; D, diamètre de giration de celle-ci.

La compensation ne peut être obtenue que si le deuxième terme du second membre de l'égalité ci-dessus est supérieur au premier. Pour obtenir ce résultat, on réduit autant que possible le diamètre de la partie tournante, on emploie un flux important, et on diminue la fréquence du courant dans l'induit du vibrateur. Quelques machines de ce type ont été construites. Le professeur G. Kapp donne la formule sui-

(1) L'avanceur de phase oscillant. W.-E. Milton-Ayres. *English Electrical Journal*, juillet, octobre 1922.

Digitized by Google

vante, pour le calcul de la valeur de la force électromotrice induite

$$e_r = \frac{1}{10}\,\frac{(Fz)^2}{PD^2} \times \frac{i}{\omega},$$

dans laquelle on a, en plus des notations ci-dessus, z, nombre de conducteurs actifs en série du vibrateur et ω, vitesse angulaire correspondant à la fréquence du glissement.

D'après cette formule, i ne changeant pas aussi rapidement que ω, on voit que l'effet du compensateur est relativement plus important aux faibles charges qu'aux fortes. L'appareil étant influencé par la fréquence du rotor du moteur principal, il n'est cependant pas possible d'obtenir une compensation appréciable à vide. Dans ces machines, la commutation est très bonne, les courants étant de basse fréquence et s'annulant lorsque le collecteur a sa vitesse maximum.

II. **Compensation du déphasage par introduction d'une force électromotrice continue dans le rotor.** — On peut encore compenser le déphasage dans un moteur d'induction pure en injectant une tension continue dans le rotor ; comme cela a été proposé pour divers auteurs ; le dispositif peut même être adapté à un moteur asynchrone d'induction avec rotor à cage d'écureuil, à condition que la force électromotrice injectée parcoure un enroulement spécial muni d'un collecteur sur lequel frottent des balais tournant dans le sens du champ principal, à la vitesse du synchronisme, et qu'on ait la coïncidence d'axe des champs principal et compensateur. Ce dispositif est représenté sur la figure 13.

Si le flux produit par le courant continu dans l'enroulement supplémentaire a même direction et même valeur que

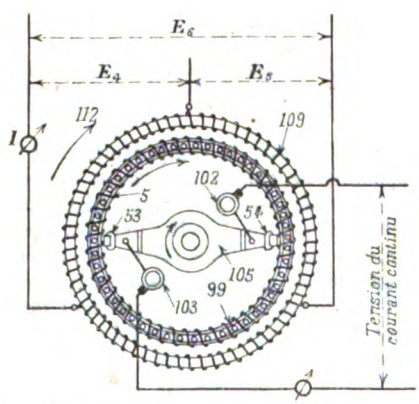


Fig. 13. — Moteur d'induction polyphasé à cage d'écureuil avec excitation continue (inducteur fixe).

le flux statorique, l'absorption de courant magnétisant pris au réseau sera supprimée. On peut également hypercompenser et faire fournir du courant déwatté au réseau par le moteur.

La source de courant continu nécessaire peut être le stator lui-même, ce dernier étant muni d'un bobinage d'induit de machine à courant continu et d'un collecteur fixe, sur lequel se déplaceront, dans le sens du champ et à la vitesse synchrone, des balais mobiles disposés de façon convenable. Le jeu de balais frottant sur le collecteur fixe du stator et celui de ceux du collecteur mobile du rotor peuvent être mûs par un moteur synchrone. La partie inductrice peut tourner, l'induit est alors fixe, et les balais de compensation doivent tourner à la vitesse du glissement dans la direction opposée à celle dans laquelle se déplace l'inducteur mobile ; on peut employer pour obtenir ce mouvement un engrenage différentiel dont le pignon porte les balais, une roue étant solidaire de la partie inductrice mobile, la seconde roue étant solidaire du rotor d'un moteur synchrone alimenté par le réseau.

Un autre type de moteur d'induction, non encore utilisé dans la pratique, présente un intérêt théorique considérable, et permet la compensation du déphasage. Ce moteur est représenté schématiquement sur la figure 14. L'inducteur polyphasé est mobile et alimenté par bagues ; l'induit fixe porte un enroulement à collecteur avec les lignes de balais court-circuités 110-111 ; ces lignes doivent être à 90° électriques de l'axe du flux résultant, et tourner à la vitesse du glissement de l'inducteur dans le sens du déplacement du champ résultant.

Dans ces conditions, le courant de court-circuit sera du courant continu. On pourra utiliser un différentiel dont le

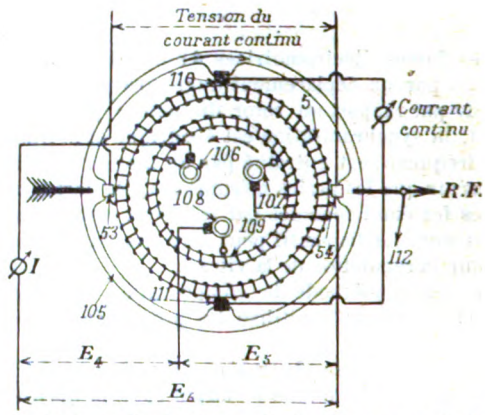


Fig. 14. — Moteur d'induction polyphasé avec excitation continue et courant de charge dans l'induit (inducteur fixe).

pignon entraînera les balais ; une des roues sera calée sur l'arbre de l'inducteur, l'autre sera calée sur l'arbre d'un moteur synchrone alimenté par le réseau.

Le moteur se comporte comme un moteur d'induction à cage d'écureuil, avec cette seule différence que le courant rotorique est continu.

Pour compenser cette machine, on disposera un nouveau jeu de balais à 90° électriques de la ligne court-circuitée, et on alimentera cette ligne par du courant continu qui devra avoir le sens voulu pour neutraliser le champ de l'inducteur. Ces nouveaux balais tourneront également à la même vitesse que le jeu de balais court-circuités. Si l'inducteur est fixe et l'induit mobile, les jeux de balais doivent tourner au synchronisme avec ce dernier, et dans le même sens. La force électromotrice continue, nécessaire à la compensation, peut alors être fournie par le stator dans les mêmes conditions que pour le moteur du type précédent.

Dans le moteur polyphasé de conduction, shunt, neutralisé, représenté sur la figure 15, la compensation de phase peut également être facilement réalisée en agissant sur les forces électromotrices d'excitation. L'enroulement d'excitation et l'enroulement de neutralisation d'une même phase ont le même axe dans un moteur biphasé ; l'enroulement d'excitation produit le flux moteur pour l'enroulement d'induit de la deuxième phase, si les courants d'induit sont en phase avec les tensions aux bornes.

Digitized by Google

On peut facilement régler la phase et la valeur des courants parcourant les circuits d'excitation et obtenir tel déphasage que l'on désire entre les courants rotoriques et

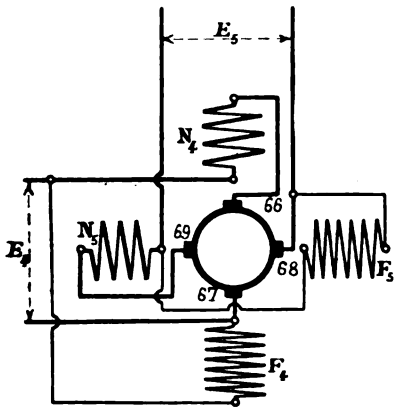


Fig. 15. — Moteur de conduction diphasé, shunt, neutralisé.

les forces électromotrices aux bornes correspondantes. On pourra obtenir ce résultat en utilisant des transformateurs dont les primaires sont placés en dérivation sur chacune des phases du réseau; le secondaire du transformateur, branché sur la première phase, est en série avec l'enroulement d'excitation de la deuxième phase, et inversement (fig 16).

Par variation des tensions injectées par les deux transformateurs, on obtient une zone de compensation très

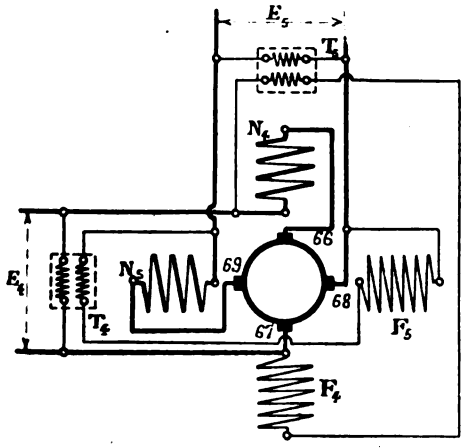


Fig. 16. — Moteur de conduction diphasé, shunt neutralisé et conpensé.

étendue. Si l'on veut se contenter d'un facteur de puissance sensiblement constant entre les marches à vide et en charge, il n'y a guère de réglage à faire. D'autre part, la force électromotrice du courant de compensation est injecté dans un enroulement très inductif dans lequel le courant a une valeur pratiquement constante; la source de la force électromotrice du courant d'injection peut-être elle-même très inductive sans exercer d'effet défavorable sur la constance du facteur de puissance.

La plupart des méthodes de compensation du déphasage peuvent être employées pour la régulation de la vitesse; en fait, la compensation du déphasage affecte plus ou moins la vitesse. Dans le moteur d'induction, par exemple, les forces électromotrices des courants injectés n'influencent pas la vitesse si elles sont en quadrature avec les forces électromotrices d'alimentation; dès que cette relation de quadrature cesse, a vitesse varie.

L'auteur pense avoir ainsi envisagé toutes les méthodes de compensation du déphasage présentant un intérêt pratique ou théorique. Il n'en discute pas les applications. — C. S.

Propriétés caractéristiques des transformateurs (1).

Pour les fortes puissances et les hautes tensions, le transformateur à noyau est préféré : l'emploi de trois transformateurs monophasés, à l'exemple des Américains, est une rareté en Europe où règne toujours le transformateur triphasé même pour les plus fortes puissances et les plus hautes tensions. Le montage se fait en triangle étoile avec point neutre accessible du côté haute tension. Dans le cas du montage étoile-étoile de trois transformateurs monophasés, l'harmonique 3 se manifeste dans la tension étoilée avec une amplitude égale à 3 pour 100 de celle de l'onde fondamentale. Le montage en triangle fait disparaître cet harmonique; mais ce montage s'est encore développé davantage depuis qu'on a pris l'habitude d'insérer une bobine sur le circuit de terre. Comme cette bobine est toujours réglée à peu près en résonance avec la capacité totale du réseau, on peut encore affirmer que le couplage triangle-étoile, en cas de court-circuit du réseau, assure une compensation complète du courant réactif des génératrices.

Enfin, le montage en triangle constitue un excellent palliatif contre les perturbations qui se manifestent à la rupture du courant.

La précaution essentielle à prendre dans la construction des transformateurs est de donner une grande résistance mécanique aux enroulements, pour qu'ils soient capables de résister aux forces considérables engendrées lors d'un court-circuit. Dans le cas d'une ordonnance symétrique de l'enroulement, la contrainte est radiale et peut être facilement supportée par l'enroulement et ses cales de maintien. Il se produit des efforts énormes d'écrasement et de torsion qui tendent à tasser et à tordre les éléments du bobinage. Ces efforts peuvent s'exagérer en court-circuit, à tel point, qu'un transformateur de 5 000 kv-a, ayant un simple enroulement concentrique et une chute de tension en court-circuit de 5 pour 100, subit, en cas de court-circuit, une force radiale de 600 tonnes répartie sur toutes les spires d'un noyau. Si un enroulement reçoit un déplacement axial de seulement 4,5 pour 100 de la hauteur d'une bobine, il se produit en court-circuit une pression axiale de 300 tonnes On voit donc que, ces forces étant considérables, il faut prendre des précautions toutes spéciales contre le déplacement axial. On peut dire que ce danger, indépendant d'ailleurs de la forme des bobines, constitue le problème le plus difficile de la construction des transformateurs et qu'on n'arrivera à le résoudre que par l'emploi de moyens préventifs appropriés.

Les bornes supplémentaires, en permettant de mettre hors circuit des galettes d'enroulement, créent une dyssymétrie axiale et, par suite, donnent naissance à des forces dangereuses pour les transformateurs. Il faut les éviter autant que possible, ce qui sera toujours réalisable au moins pour les transformateurs élévateurs des stations centrales.

La contrainte mécanique, aussi bien que la marche en

(1) Kristen. *Bulletin de l'Association suisse des Electriciens*, novembre 1921, t. XII, p. 335-342.

Digitized by Google

parallèle et la chute de tension, s'est améliorée par des réactances. Aujourd'hui, on adopte des chutes de tension de 8 à 10 pour 100.

Au point de vue de la tension, la construction même des transformateurs joue un rôle aussi important que celui des dispositifs de préservation. La manière dont se comporte le transformateur envers les surtensions, dépend du rapport de la capacité de l'enroulement par rapport à la terre à sa capacité propre. La tension, et en même temps la contrainte appliquée au bobinage, atteint un maximum dans les premières spires et également une valeur extrême au voisinage du point neutre, s'il est mis à la terre. Pour augmenter la capacité intrinsèque de l'enroulement, les bobines d'entrée doivent être constituées par des bandes minces. Un meilleur isolement de celles-ci n'agit efficacement qu'autant que la plus grande rigidité diélectrique accrue n'est pas annihilée par une augmentation de tension, due à la diminution de capacité des enroulements. On sait réaliser l'isolement des spires de telle sorte qu'elles puissent résister pendant quelques secondes, à la tension étoilée ou même à la tension composée du réseau. Il faut aussi éviter les bornes supplémentaires au point de vue de la tension, car elles créent autant de points faibles. La plus grande attention doit être prêtée au montage des bobines basse et haute tension pour réduire la capacité entre elles car toute dyssymétrie du côté haute tension peut déterminer dans certains cas une augmentation de tension du côté basse tension; on y remédiera en reliant la génératrice au transformateur au moyen de câbles. L'isolement entre bobines doit être assuré par de l'huile et, enfin, dans l'emploi de plusieurs couches diélectriques superposées, il faut éviter que la constante soit dirigée parallèlement aux couches.

L'élimination certaine de la chaleur est une question de vie pour le transformateur. Comme les isolants fibreux usuels ne peuvent pas supporter trop longtemps, sans être endommagés, une certaine certaine température, celle-ci constitue une valeur limite pour les projets. La détermination expérimentale de l'échauffement est difficile, aussi les règlements prévoient-ils la mesure de la température moyenne du cuivre la plus facilement accessible; mais il est possible, en abaissant suffisamment la température du milieu réfrigérant, de régler la température moyenne du cuivre à une valeur constante, malgré l'existence d'un échauffement supérieur, à l'intérieur des bobines. C'est ainsi qu'une machine qui porte en elle le germe de mort peut aussi bien se comporter qu'une autre bien établie.

Pour réduire les pertes supplémentaires, un projet bien compris doit tenir compte de la dimension à donner à la section du cuivre. Les bornes de sectionnement sont également nuisibles, car le champ de dispersion accroit les pertes des parties latérales supérieures du cuivre de l'enroulement basse tension.

Pour le refroidissement, nous devons distinguer les transformateurs à sec, avec réfrigération naturelle ou artificielle et les transformateurs à huile, avec réfrigération par l'air, naturelle ou artificielle, ou par l'eau. Les transformateurs à sec ont leur tension et leur puissance limitées à 15 kv et 300 kv-a, dans le cas du refroidissement naturel et à 40 kv et 2 000 kv-a avec le refroidissement artificiel. Au dessus, il faut employer le type à huile qui se prête aux plus fortes puissances et tensions et peut aller jusqu'à 3 000 kv-a avec le refroidissement naturel pour les sous-stations ou même pour les centrales où l'eau est rare. Pour atteindre la puissance de 6 000 kv-a, il faut avoir recours à la réfrigération artificielle de la cuve. Ensuite viennent les transformateurs dans l'huile avec refroidissement par eau, avec disposition du réfrigérant à l'intérieur ou à l'extérieur de la cuve. Maintenant, c'est ce dernier mode qui semble avoir la préférence et l'on atteint des puissances de 30 000 kv-a et au-dessus.

Un facteur important dans les transformateurs à huile est la qualité de l'huile employée. Des recherches faites au sujet du refroidissement et de l'isolement, il est résulté que toutes les huiles s'oxydent avec le temps et déposent. On peut les conserver plus longtemps propres à leur usage, en évitant les échauffements exagérés, les contacts avec l'air et les effets de couronne. Il faut, de plus, éviter le contact direct de l'huile avec les métaux qui, ainsi que l'expérience le montre, agissent comme catalyseurs.

Des désagréments résultent aussi de la formation de carbures légers qui s'élèvent à la surface de l'huile et dont les vapeurs forment, avec l'air, un mélange tonnant qui peut être allumé par une étincelle. B. H.

Compte rendu du concours du « Carburant national », fait à Béziers, du 2 au 9 avril 1922 (1).

Alors que la consommation française annuelle en essence est de 6 millions d'hectolitres, notre production actuelle en alcool utilisable dans les moteurs ne dépasse pas 600 000 hectolitres, soit 10 pour 100 de cette consommation. Pour diverses raisons, il a paru que la meilleure solution était d'incorporer 10 pour 100 d'alcool dans toutes les essences d'importation. Mais l'alcool fourni par l'industrie, au maximum à 95,5° GL, ne se dissout pas directement dans l'essence; il faut, soit ajouter des substances intermédiaires assurant la miscibilité, soit augmenter la deshydratation de l'alcool ou modifier l'essence.

Le concours du « Carburant national » avait pour but de récompenser les chercheurs qui présenteraient le meilleur procédé susceptible d'être immédiatement utilisé. C'était donc plutôt un concours de formules et de procédés, mais le Comice agricole de Béziers, qui en avait pris l'initiative avait, de plus, organisé une course de véhicules actionnés par un mélange contenant 10 pour 100 d'alcool.

Le nombre des formules proposées a dépassé 100, elles n'ont pas été publiées, mais ce que l'on sait permet de supposer que les mélanges proposés se rapprochent beaucoup des suivants :

1° *Parmi les mélanges contenant moins de 20 pour 100 d'alcool :* alcool-benzol; alcool deshydraté-essence; alcool-benzol-essence; alcool-essence avec addition de solvant tels que : éther, crésol, naphtaline, cyclo-hexanol, huile de ricin, essence de térébenthine, alcools supérieurs, etc.

2° *Parmi les mélanges contenant 20 à 50 pour 100 d'alcool :* alcool-benzol, en particulier celui à 50 pour 100 expérimenté par la Société des Transports en commun de la Région parisienne; alcool-éther; alcool-acétone; alcool-benzol-éther; alcool-acétone-benzol, alcool-éther-huile de ricin, etc.

3° *Parmi les mélanges contenant plus de 50 pour 100 d'alcool :* on trouve à peu près tous les mélanges indiqués ci-dessus plus ceux d'alcool et sulfure de carbone.

Aucune des formules présentées n'est définitive; malgré cela, des récompenses ont été données à titre d'encouragement pour la valeur technique des envois. — B. E.

(1) *Bulletin de la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale*, juin 1922, t. CXXXIV, p. 556-564, 3600 mots.

Digitized by Google

SECTION ÉCONOMIQUE & FINANCIÈRE

Le nouveau régime des sociétés d'assurances mutuelles

L'auteur analyse succinctement les dispositions essentielles du décret du 9 mars 1922, qui organise sur des bases plus sévèrement contrôlées, le régime des sociétés d'assurances à forme mutuelle, que la guerre avait durement atteintes.

Depuis de longues années déjà des critiques s'élevaient contre l'excessive facilité accordée aux sociétés d'assurance à forme mutuelle, du fait des dispositions du décret du 22 janvier 1868, pour se constituer et fonctionner sans offrir aux adhérents des garanties suffisantes. La guerre, en atteignant le crédit et les ressources de ces sociétés, fit apparaître plus nettement encore la nécessité d'une réforme réclamée par tous les bons esprits.

A la suite d'une intervention remarquée à la Chambre, en 1911, de M. Néron, député, le gouvernement promit de rendre un décret abrogeant le décret de 1868. Le décret, instaurant le nouveau régime, a été publié dans le « Journal officiel » du 15 mars 1922. En voici l'économie générale :

L'article 2 du nouveau décret fixe à 300 le nombre minimum des adhérents, à 5 millions de francs celui des valeurs assurées et à 50 000 fr le chiffre des cotisations payables au cours du premier exercice.

Bien qu'on puisse regretter que les exigences de l'article 3 ne soient pas plus sévères, et trouver bien faibles encore les garanties offertes par une société ne disposant que d'un encaissement de 50 000 fr par an ; toutefois on ne verra plus, désormais, des sociétés mutuelles se constituer avec dix adhérents et 44 fr de cotisations !

Ce même article 2 dispose qu'en matière d'assurances mutuelles : « Il ne peut être stipulé aucun avantage particulier au profit des fondateurs ». Ainsi disparaît l'abus de la création de parts de fondateurs dans les mutuelles, parts absorbant une fraction importante des primes versées, de telles pratiques étant absolument incompatibles avec la notion de mutualité.

L'article 5 interdit de calculer la rémunération du directeur sur le chiffre d'affaires de la société. C'est un important progrès !

Certains directeurs acceptaient, en effet, des risques dangereux ou des contrats à des prix réduits pour éviter que la commission ne leur échappe. L'article 5 interdit de même la gestion forfaitaire, quelle soit confiée au directeur ou à une société de gestion.

Quant au compte « commissions escomptées », si le nouveau décret n'interdit pas complètement l'inscription de ce compte à l'actif du bilan, il dispose qu'il doit être amorti en cinq années et qu'il n'y peut être inscrit une somme supérieure au montant de la cotisation afférente à la première année.

Le décret assimile les sociétés à primes fixes et les sociétés mutuelles, en ce qui concerne le droit pour les assurés de se retirer de la société. Il fixe à dix ans la durée maximum du contrat, durée qui doit être mentionnée en caractères apparents. Jusqu'ici la durée des contrats de sociétés mutuelles ne pouvait dépasser cinq ans.

Quant à la tacite reconduction, elle ne peut en aucun cas être supérieure à une année.

L'article 11 autorise tout sociétaire ou son fondé de pouvoirs à prendre, au siège social, communication du bilan, du compte profits et pertes et de l'inventaire du dernier exercice, ainsi que de la liste des membres composant l'assemblée générale. Il peut également exiger une copie de ces documents moyennant le paiement d'une somme qui ne peut excéder 5 fr.

L'article 19 permet aux sociétaires de se faire réassurer ou assurer à une autre société. Les statuts stipuleront seulement que la société en sera immédiatement informée et qu'elle aura le droit de résilier le contrat.

L'article 32 met un terme aux véritables abus auxquels se livraient un grand nombre de sociétés, qui s'empressaient de résilier le contrat après un sinistre, parfois peu important, et confisquaient le montant de la prime versée d'avance. Voici le texte de cet article :

« Article 32. — Dans le cas où les statuts prévoient pour la société la faculté de résilier le contrat après sinistre, le délai après lequel la résiliation doit prendre effet ne peut être inférieur à un mois, à dater de la notification de la résiliation faite au sociétaire.

» Cette faculté de résiliation ne peut être stipulée que moyennant restitution par la société de la partie de la cotisation afférente à la période pour laquelle elle ne garantit plus les risques.

» Dans le cas prévu au paragraphe premier ci-dessus, les statuts doivent reconnaître au sociétaire le droit de résilier sans indemnité les autres polices qu'il peut avoir souscrites à la société. »

Enfin l'application des dispositions de l'article 34 ne permettront plus à des sociétés de vivoter tout en ne payant à leurs sinistrés que des indemnités dérisoires.

Les sociétés actuellement existantes devront modifier leurs statuts dans un délai de deux ans à partir du 15 mars 1922.

Telles sont les dispositions essentielles du décret, qui ne saurait évidemment conférer aux sociétés mutuelles d'assurances les garanties et la puissance financière qu'elles ne peuvent avoir de par leur nature. Mais la réforme, qui est l'œuvre d'une commission de spécialistes (fonctionnaires indépendants et qualifiés et personnalités du monde des assurances), constitue une amélioration appréciable sur le régime antérieur et il était nécesssaire de la signaler au public qui laisse passer inaperçues les réformes de cette nature, bien qu'elles l'intéressent à divers titres.

Fernand-Jacq.
Docteur en droit. Avocat à la Cour d'Appel de Paris.

Digitized by Google

Assemblées générales

Société des Forces motrices de la Vis.

ASSEMBLÉE GÉNÉRALE ORDINAIRE DU 30 JUIN 1922.

L'élargissement du canal d'amenée de l'usine a été terminé dans le courant de l'été 1921. L'augmentation de débit qui en est résulté correspond entièrement aux prévisions et, pendant l'hiver 1921, la production d'énergie a dépassé de 30 pour 100 celle de l'année dernière.

L'exploitation de l'usine et des lignes de transmission d'énergie de la société a été assurée, comme précédemment, par le Sud-Electrique, dans des conditions normales.

Les résultats du Sud-Electrique pour l'exercice 1920-1921 ont permis une augmentation du dividende de 6 à 7,5 pour 100; la société a donc encaissé, en plus du remboursement de toutes ses charges, une somme de 111 000 fr représentant la troisième partie du loyer.

Les recettes ont atteint 396 438,80 fr, comprenant les loyers du Sud-Electrique, les intérêts et divers.

Les dépenses, frais généraux, impôts, intérêts des obligations ont atteint 251 438,80 fr.

Le produit de l'exercice est de 145 000 fr, dont il faut déduire 34 000 fr pour amortissement des obligations.

Sur le reste, il est prélevé 100 000 fr en vue des travaux d'élargissement du canal de Madières.

Il reste 11 000 fr auxquels s'ajoutent le report précédent, 29 171,72 fr.

BILAN AU 31 DÉCEMBRE 1921.

Actif.

	fr
Frais de constitution et d'augmentation du capital	1 »
Apports	750 000 »
Terrains et immeubles	409 096,27
Dépenses générales de premier établissement (usines, lignes, sous-station)	7 295 876,47
Espèces en banques	6 058,35
Prime de remboursement des obligations	389 300 »
	8 850 332,09

Passif.

	fr
Capital :	
6600 actions de priorité de 250 fr	1 650 000 »
2400 actions ordinaires de 250 fr	600 000 »
Obligations :	
783 obligations 5 pour 100	391 500 »
7003 obligations en circulation	3 501 500 »
Réserve légale	6 431,85
Fonds pour amortissements	730 600 »
Coupons obligations à payer et obligations à rembourser	33 545,87
Créanciers divers	7 478,40
Créance à terme (Sud-Electrique)	1 889 104,25
Profits et pertes reportés	29 171,72
Profits et pertes de l'exercice	11 000 »
	8 850 332,09

Après prélèvement de la réserve légale de 40 000 fr, il reste 171,72 fr qui sont reportés à nouveau.

Société nantaise d'Eclairage et de Force par l'Electricité.

ASSEMBLÉE GÉNÉRALE ORDINAIRE DU 30 JUIN 1922.

La production de la centrale, en 1921, a été supérieure d'environ 8 pour 100 à celle de l'année précédente. Il a été distribué dans le périmètre de la concession de la ville de Nantes, tant pour la force motrice que pour l'éclairage, 26 765 000 kw-h et dans les concessions extérieures, 22 335 000 kw-h.

Dans le courant de l'exercice, on peut constater une baisse prononcée du prix du combustible et une diminution, moins sensible il est vrai, du prix des matériaux d'exploitation; quant aux salaires, ils se sont maintenus à peu près à leur taux antérieur.

L'exploitation s'est faite, pour le réseau de Nantes, sous le régime des avenants provisoires du 5 mai 1920 et du 3 mars 1921; celui-ci a été dénoncé par la ville de Nantes le 26 juillet 1921, et en attendant une solution amiable ou judiciaire sur la question des tarifs, la société s'est trouvée dans l'obligation d'appliquer à Nantes, à partir du 1er septembre 1921, des tarifs notoirement insuffisants.

Pour faire face aux besoins d'énergie toujours croissants, la société a décidé l'installation d'un turbo-alternateur de 10 000 kw qui pourra être mis en marche dans le courant de 1923, ce qui portera la puissance de l'usine à 37 000 kw.

L'assemblée générale extraordinaire du 18 mai 1922 a décidé la création de quinze millions d'actions de priorité à 7 pour 100 cumulatifs, qui ont été souscrites et complètement libérées. Cette assemblée a porté de 4 à 5 pour 100 l'intérêt statutaire des actions anciennes et créé dix mille parts bénéficiaires supplémentaires qui ont été attribuées aux souscripteurs des actions de priorité, dans la proportion d'une part bénéficiaire pour six actions souscrites.

Les produits de l'exploitation montent, y compris le report de l'exercice précédent à 4 599 362,92 fr; déduction faite des frais généraux, des intérêts et escomptes, du service des bons décennaux, d'une allocation de 500 000 fr au fonds d'amortissement et d'une allocation de 1 250 000 fr au fonds de renouvellement; il reste un solde à répartir de 1 116 367,25 fr.

Cette répartition est ainsi faite :

5 pour 100 à la réserve légale, un dividende de 4 pour 100 aux actions, 15 940,45 fr au conseil d'administration, un deuxième dividende de 1 pour 100 aux actions et un dividende de 3,33 fr aux parts.

Le solde à reporter est de 204 865 fr.

Le dividende est mis en paiement à raison de : 11,25 fr nets par action nominative, 10 fr par action au porteur et 2,897 fr par part, à partir du 30 juin 1922.

BILAN AU 31 JUIN 1921.

Actif.

	fr
Concession, premier établissement, installation et divers	39 535 467,66
Frais d'émission des Bons décennaux	356 641,49
Approvisionnements	1 384 062,03
Débiteurs divers	6 814 191,71
Disponibilités : caisses et banques	334 592,34
Portefeuille	197 201 »
	48 622 156,23

Passif.

	fr
Capital :	
60 000 actions de 250 fr	15 000 000 »
31 000 parts bénéficiaires	pour mémoire
Bons décennaux 6 pour 100 :	
16 000 bons de 500 fr	8 000 000 »
Réserve légale	359 345 »
Fonds d'amortissement	3 000 000 »
Fonds de renouvellement	2 250 000 »
Créditeurs divers	18 740 018,98
Dividendes et intérêts restant à payer	156 425 »
Profits et pertes	1 116 367,25
	48 622 156,23

Digitized by Google

SECTION DE LÉGISLATION

Les arbres, leur chute, et la responsabilité du propriétaire à l'égard des distributeurs d'énergie

L'été est fécond en orages, et la question de savoir quand le propriétaire d'un arbre qui par sa chute brise des fils, peut être responsable, est à l'ordre du jour. Les hypothèses dans lesquelles il y a un vent extraordinaire ne soulèvent pas la discussion de la responsabilité. Il n'en est pas de même pour un arbre tombant sans cause apparente, ou en raison de sa vétusté. L'auteur étudie la jurisprudence à ce sujet.

I. — La question des responsabilités pour le propriétaire d'un arbre dont la chute a provoqué un dommage sur ligne électrique est assez compliquée à exposer — ce n'est pas que les principes soient, à mon avis, incertains, mais il serait téméraire d'essayer de les faire comprendre, sans infliger auparavant au lecteur la connaissance de certaines règles juridiques, sans lesquelles ce qui va suivre serait incompréhensible.

Quand un arbre, en se renversant, entraîne à terre un réseau de fils, deux raisonnements en sens contraire s'affrontent immédiatement. Le distributeur déclare qu'il occupe la voie publique, non pas en vertu d'une tolérance, mais grâce à une règlementation formelle: s'il est concessionnaire, il dit, avec raison, que son titre est contractuel ; s'il est permissionnaire, l'autorisation qui lui a été octroyée est un arrêté, préfectoral ou municipal, étudié par le contrôle, établi en conformité d'une instruction ministérielle, prescrivant des distances à observer et des minuties administratives à respecter. Il est donc un occupant régulier de la voirie : si un préjudice lui est causé par un tiers, il n'hésite pas un instant à appliquer ce principe : « toute personne qui cause un dommage à autrui en doit réparation » : il assigne le propriétaire de l'arbre, et lui demande en justice le paiement de la réparation rendue nécessaire.

Au contraire, le propriétaire de l'arbre raisonne de la façon suivante : « Lorsque le distributeur s'est installé sur la route, j'avais déjà des arbres dont la vétusté ne pouvait lui échapper. Il a donc accepté les chances que lui faisait courir toute chose qui existe dans un champ, notamment la possibilité de voir tomber une plantation ; quand cette chute s'est produite on ne peut alléguer un fait de ma part ; je n'ai pas poussé l'arbre, pas plus que je ne pouvais l'empêcher de tomber : dans quel principe pourrait-on trouver le germe d'une faute ? Pour le distributeur, au contraire, il faut se rappeler que toute industrie a une chance à courir : le risque professionnel ».

L'orientation opposée de ces deux raisonnements est embarrassante ; c'est donc le cas de recourir au Code civil, car il résout généralement les questions qui sont susceptibles, en équité, d'invoquer dans les deux sens, des arguments dont le bien fondé est troublant.

Le principe le plus connu de la responsabilité se trouve inscrit dans l'article 1382 du Code civil : « Tout fait de l'homme qui cause à autrui un dommage oblige celui par la faute duquel il est arrivé à le réparer ».

S'il n'existait dans nos lois que cet article, le propriétaire, pour se défendre, aurait la partie belle ; il n'a évidemment commis aucun acte précis, il déplore même le premier la chute de son arbre, et ne saurait encourir le moindre reproche.

Mais il existe deux autres articles autrement importants : c'est d'abord l'article 1384 dont le premier alinéa est ainsi conçu : « on est responsable non seulement du dommage que l'on cause par son propre fait, mais encore par celui des choses que l'on a sous sa garde ».

Et l'article 1386 ajoute : Le propriétaire d'un bâtiment est responsable du dommage causé par sa ruine, lorsqu'elle est arrivée par une suite du défaut d'entretien ou par le vice de sa construction.

Pendant longtemps, l'article 1384 a été compris d'une manière très étroite, en ce qui concerne le rôle du demandeur, c'est-à-dire de la victime ; celle-ci, d'après la jurisprudence, devait prouver la *faute* du gardien ; et si cette faute n'était pas démontrée, elle ne pouvait obtenir aucune réparation ; c'est ce que l'on exprimait ainsi : « Si on ne peut découvrir une faute humaine dans la série des faits qui produisent un accident, il ne peut y avoir de recours juridique contre personne, fondé sur une idée de responsabilité personnelle ». (Dalloz, 1906, 1, page 457).

L'article 1386 n'avait alors qu'une utilité : celle d'empêcher que le propriétaire d'un édifice vint dire qu'il n'avait pas la garde de son immeuble, ce qui, pratiquement pourrait être vrai, s'il en est éloigné ; ce moyen lui échappe, et sa qualité de maître d'une construction le rend responsable à titre de gardien ;

Digitized by Google

mais sa responsabilité n'apparaissait alors que comme limitée « au vice de construction ou au défaut d'entretien », et il fallait que la victime fît la preuve que l'accident avait pour source certaine une de ces deux causes.

La jurisprudence a évolué d'une façon considérable, en ce qui concerne tout d'abord l'article 1384; avec grande raison, selon nous, elle a considéré que, puisque tout gardien est *présumé être en faute*, d'après un article formel du Code civil, cette constatation dispense absolument la victime de faire la preuve d'une faute. A quel titre doit-on prouver une chose qui est présumée? Et rapidement on a admis que, bien au contraire, c'était *au gardien* à faire tomber la présomption en prouvant l'absence de faute de sa part; et la théorie moderne s'est précisée en ces termes : « La victime d'un dommage causé par une chose inanimée n'a qu'à établir un rapport de causalité entre la chose dont le tiers a la garde, et le préjudice qu'elle en a souffert » (Dalloz, 1906, 2, 249). Pendant longtemps la jurisprudence a été assez hésitante, notamment dans le cas de la « cause inconnue; » mais la dernière étape a été franchie par un arrêt de la Cour de Cassation en date du 16 novembre 1920 (Dalloz, 1920, 1, p. 169); cet arrêt, dont l'importance est extraordinaire, spécifie ce qui suit : il ne suffit pas que, pour s'exonérer, le gardien prouve qu'il n'a pas commis de faute, mais il faut qu'il *démontre* la cause même de l'accident, qu'il remonte *à un fait précis* de force majeure ou à un cas fortuit; en un mot, sa défense doit être active et non pas seulement passive; plus exactement elle doit être « positive » et non pas seulement « négative » : telle est bien la portée de l'arrêt précité du 16 novembre 1920 : « La présomption de faute édictée par cet article à l'encontre de celui qui a sous sa garde la chose inanimée qui a causé le dommage ne peut être détruite que par la preuve d'un cas fortuit ou de force majeure ou d'une cause étrangère qui ne lui soit pas imputable; il ne suffit pas de prouver qu'il n'a commis aucune faute, ni que la cause du dommage est demeurée inconnue; il n'est pas nécessaire que la chose ait un vice inhérent à sa nature susceptible de causer le dommage, l'article rattachant la responsabilité à la garde de la chose et non à la chose elle-même ». Ajoutons que cet arrêt a été rendu dans les circonstances suivantes. Une compagnie de transports avait reçu en dépôt des matières inflammables (objets résineux); elles s'enflammèrent et, en pleine ignition, elles traversèrent la route, détruisant la voie d'un tramway, les disques et signaux établis sur le chemin public. Comment le feu avait-il pris? La cause en restait inconnue, mais la qualité de gardien a suffi pour que la responsabilité fut engagée. Nous n'avons pas à insister sur cette décision; elle est connue de tout le monde, puisque la presse en a parlé longuement au sujet des risques d'incendie, appelés recours des voisins; pendant très longtemps, on a considéré ce recours presque comme théorique, étant donné que la victime d'un incendie devait prouver non seulement le fait de la transmission provenant d'un immeuble déterminé, mais encore la « faute » du propriétaire de cet immeuble. Quel changement si aujourd'hui on n'a qu'à prouver que le feu a eu son origine dans telle maison, et si par là même, le propriétaire, — gardien incontestable de cet immeuble alors même qu'il voudrait dire le contraire — doit *prouver* un cas fortuit, ou la faute d'une *autre* personne, pour arriver à se disculper.

Quoi qu'il en soit, nous constatons le caractère très nettement extensif que la jurisprudence donne à l'article 1384 du Code civil; on peut encore citer, en plus de l'arrêt de 1920, prérappelé, un article du 15 mars 1921 (Chambre civile, Dalloz, 1922. 1, p. 25) qui a exactement la même portée.

Il semblerait donc qu'on ait simplement ce raisonnement à présenter à un tribunal : un arbre tombe sur une ligne électrique : quel est le « gardien » de l'arbre? C'est évidemment son propriétaire; celui-ci est donc responsable. A notre avis, ce raisonnement serait très exact : nous indiquons d'ailleurs qu'il a été tenu devant les tribunaux avec succès; mais ce n'est pas le plus fréquent, et nous allons examiner tout d'abord comment le problème a été présenté à la justice.

II. — Nous avons rappelé ci-dessus que l'article 1384, n'est pas le seul à légiférer sur les obligations du gardien. L'article 1386 proclame en matière d'immeuble la responsabilité du propriétaire, dans les termes suivants : « Le propriétaire d'un bâtiment est responsable du dommage causé par sa ruine, lorsqu'elle est arrivée par une suite du défaut d'entretien ou par le vice de sa construction ». Cet article avait une importance considérable et était très utile à la victime, quand le précédent (l'article 1384) était interprété en ce sens que le demandeur devait prouver la *faute* du gardien; la jurisprudence, pour trouver une différence entre les deux articles avait admis la solution suivante : le second de ces articles n'est qu'un cas particulier du premier, il prévoit la responsabilité du propriétaire d'immeuble, mais il la proclame indépendamment de toute idée de faute, quand elle est cantonnée dans l'hypothèse suivante : dommage causé par un *bâtiment* et, par suite, d'un vice de construction dans ce bâtiment. Si ces deux circonstances sont certaines et démontrées en fait, le propriétaire est légalement en faute, sans que l'on ait contre lui d'autre preuve à faire. Mais si, au contraire, on ne démontre pas le vice de la chose, le propriétaire rentre dans le cas de gardien ordinaire (art. 1384, Dictionnaire de Dalloz, Responsabilité, n° 239), et on ne pourra obtenir des dommages-intérêts qu'en alléguant une faute commise par lui. Sans que nous insistions, il est aisé de comprendre quel intérêt il y avait à rapporter, au besoin par expertise, la démonstration évidende de l'état de la construction considérée comme origine du préjudice; il n'est non moins évident que cet intérêt est, en grande partie, supprimé si la preuve de la faute, même dans le cas de l'article 1384 (gardien ordinaire), n'est plus exigée.

Digitized by Google

Si nous insistons sur ce point, c'est pour les deux raisons suivantes dont l'extrême importance pratique n'échappera à personne.

A. La jurisprudence assimile « *la vétusté* » au vice de construction ou au défaut d'entretien ; quand un bâtiment s'écroule, dit-elle, c'est qu'il n'était pas solide en lui-même (vice de construction) ou parce qu'on l'a laissé devenir trop vieux sans le soutenir ; l'article 1386 est immédiatement applicable pour le « vieux » devenu « trop vieux pour se soutenir lui-même », aussi bien que pour le « neuf » mal établi ; le propriétaire est devenu automatiquement responsable, parce qu'il aurait dû « étayer » les vieilles maisons, ou surveiller plus attentivement les constructions nouvelles.

B. La jurisprudence, dans la majorité de ces précisions, prend le mot « bâtiment » dans un sens considérablement extensif, qui signifie « immeuble » ; et l'arbre qui est une dépendance du fonds terrien est un immeuble par nature. Ceci a été jugé pour la première fois par un arrêt de la Cour d'Appel de Paris du 20 août 1877 (Sirey, 1878, 2, 48).

Ces deux motifs ont inspiré, pratiquement, une foule de procès, analogues à celui que nous envisageons, où la vétusté de l'arbre a rempli le premier rôle.

En 1914, un marronnier appartenant à M. Mayol de Luppé tombe sur la ligne électrique du tramway de Chapareillan et détruit une partie de la ligne en abattant sept poteaux entraînés par la chute des fils. Une ordonnance de référé commet un expert horticulteur pour vérifier l'état des arbres, en lui donnant aussi comme mission de rechercher si le jour de l'accident régnait un vent d'une violence exceptionnelle, ayant provoqué d'autres accidents ; sur ce dernier point l'expert commis donne une réponse absolument négative ; sur le premier (l'état de vétusté) l'expert constate que « toutes les racines maîtresses traçantes ou pivotantes qui attachent l'arbre et l'alimentent étaient complètement mortes et presque décomposées : qu'il ne restait à l'arbre pour vivre que quelques radicelles imperceptibles capables seulement d'entretenir un peu de vie dans les parties de la ramure saines et que ce marronnier ne pouvait se maintenir debout que par un effet de son équilibre et de ses assises naturelles et qu'il pouvait être depuis longtemps déjà à la merci du premier coup ou de tourbillon de vent. »

Le Tribunal civil de Grenoble, vu l'état de vétusté ainsi constaté, proclame la responsabilité du propriétaire par jugement du 27 juillet 1914 et par décision du 28 mars 1919 le condamne, après vérification par expertise des frais, au paiement de 2 035 fr, comprenant lesdites réparations (main-d'œuvre et fourniture) et une certaine diminution dans les recettes, évaluée d'une façon empirique et forfaitaire à 160 fr.

Telle est la décision récente qui est basée très formellement sur l'état de vétusté.

III. — Mais à supposer que cet état de vétusté ne soit pas ou ne puisse pas être démontré, s'en suivrait-il que la compagnie aurait dû perdre son procès ?

Nous ne le pensons pas, aujourd'hui moins que jamais, et voici la raison.

L'article 1386, avons-nous dit, a toujours eu l'incontestable utilité d'enlever à la victime l'obligation de démontrer la faute du propriétaire en cas de vétusté, c'est pour cela qu'il était particulièrement choisi par ladite victime ; mais si le *gardien*, en cette unique qualité de *gardien*, même dans la simple hypothèse de l'article 1384, devient responsable, indépendamment de la question de la faute, les deux hypothèses se rejoignent en quelque sorte pour se confondre.

Et la Cour d'Appel de Paris, dans un arrêt récent du 10 décembre 1921, tout en se servant encore de l'article 1386 dans une hypothèse analogue à celle du tramway de Chapareillan, laisse pressentir qu'indépendamment de cette considération elle aurait jugé dans le même sens, pour le cas suivant : Le 16 mars 1914 la compagnie exploitant la ligne de tramway de la Porte-Maillot à Suresnes-Val-d'Or par le bois de Boulogne voyait son service interrompu par la chute sur la voie de deux grands arbres ayant entraîné la chute des fils ; sur assignation devant le Tribunal civil de Paris, cette juridiction avait émis une opinion insensée : elle avait proclamé que les relations d'autorité concédante à la société concessionnaire, existant entre les deux parties plaidantes, mettaient les risques à la charge de l'exploitation, même en ce qui concerne la chute des arbres ! La Cour d'Appel a annulé une pareille décision : « La convention, dite de concession, ne pouvait faire disparaître au profit de la Ville de Paris les responsabilités qui ont leur source dans l'article 1384 et 1386, qu'autant qu'il existerait dans la convention une stipulation formelle, ou tout au moins de laquelle on puisse induire que la ville est affranchie vis-à-vis de son co-contractant des responsabilités légales » : c'est l'évidence même.

Mais la partie la plus intéressante de l'arrêt, pour le sens de notre interprétation juridique se trouve dans ce passage, dans lequel la Cour envisage catégoriquement les deux articles, l'article 1384 et l'article 1386.

« Considérant, dit-elle, que la présomption établie par l'article 1384 du Code civil, à l'encontre de celui qui a sous sa garde la chose inanimée qui a causé le dommage, ne peut être détruite que par la preuve d'un cas fortuit ou de la force majeure ; qu'il ne suffit pas de prouver qu'on n'a commis aucune faute ;

» Que la responsabilité édictée par la loi dérive, non seulement de la disposition générale dudit article, mais aussi de celle de l'article 1386, d'après lequel le propriétaire d'un bâtiment est responsable du dommage causé par sa ruine, lorsqu'elle est arrivée par suite du défaut d'entretien ou par le vice de sa construction ;

» Qu'il faut admettre que, bien que ne visant expressément que la ruine des bâtiments, le texte de cet article doit être étendu aux dommages causés par toutes choses inanimées ».

Après ce principe ainsi déduit, la Cour constate qu'un expert a été commis, et elle dit :

Digitized by Google

« Considérant qu'il ressort des termes du rapport de l'expert que le cœur du premier peuplier abattu était pourri et que la pourriture se poursuivait dans les racines; qu'en ce qui concerne le second, coupé au ras du sol, le cœur était pourri dans le tronc ; que dans le bas, on remarquait de nombreux trous qui indiquaient que cet arbre était ravagé par un insecte préparant les végétaux, parfois en plein épanouissement, à être déracinés par d'autres facteurs tels que coups de vent, ce qui avait eu lieu dans l'espèce ;

» Qu'il est constant que les deux peupliers dont s'agit étaient atteints d'un vice propre du tronc qui en a déterminé la chute; que, s'il est vrai que, au moment où ils ont été renversés, le vent soufflait avec violence, il n'est pas moins certain que, s'ils eussent été sains, ils auraient résisté comme les autres arbres non contaminés et que l'accident ne se fût pas produit.

» Qu'il importe peu que le vice des arbres, comme le vice de construction dans le cas de ruine de bâtiment, ait été occulte ou apparent et que leur mauvais état ne soit pas suffisamment révélé par des signes extérieurs ou n'ait pas été signalé à l'autorité municipale ».

En conséquence, les juges au second degré, par réformation du jugement, condamnent la Ville de Paris à payer à la Compagnie la somme de 3 343 fr.

Telle est la décision de l'arrêt le plus récent.

Il n'est pas sans intérêt de remarquer que rien n'est jamais bien nouveau, sous le soleil de la justice.

Pendant un certain temps, des jurisconsultes scrupuleux à l'excès en matière d'interprétation littérale des textes, avaient refusé d'étendre aux arbres l'article 1 386, parce qu'il contient le mot « bâtiment »; cette thèse avait été soutenue devant la Cour de Grenoble, dans les circonstances suivantes : un sieur Collomb, sur une place publique de la Tour du Pin, avait été blessé par la chute d'un arbre; il invoque l'état de vétusté, et on lui répond : « hypothèse très exacte mais seulement quand il s'agit d'un bâtiment! ». La Cour, chose étrange, admet la limitation de l'article 1 386 aux seuls bâtiments, mais par arrêt du 10 février 1892 (Sirey, 1892, 2, page 17), elle tourne la difficulté, en invoquant l'article 1 384, dont elle fait l'application, non pas seulement dans le sens ancien, c'est-à-dire dans le sens où la preuve de la faute devait être rapportée, mais dans le sens nouveau... L'arrêt de la Cour de Grenoble est un arrêt que l'on pourrait appeler un « précurseur ».

IV. — Quelles directives peut-on tirer de ce qui précède?

En voici le résumé :

1° Pour suivre les sentiers connus, ce qui est toujours plus prudent dans la routine judiciaire, on se servira, toutes les fois que ce sera possible, de la « vétusté », en prouvant qu'elle existe, au besoin par expertise; la majorité des solutions étant en ce sens, on profitera des circonstances favorables que donne toujours un précédent.

2° Si la vétusté n'est pas alléguée, ni prouvée, on se rejettera sur le principe du « gardien » présumé en faute par cette seule qualité, ainsi qu'il l'a été dit, et c'est alors lui qui aura à se disculper, en prouvant, par exemple, l'existence d'un vent violent au point de confiner à la force majeure;

3° Bien que les hypothèses auxquelles nous avons fait allusion ne soient relatives qu'à des tramways qui jouissent d'une législation spéciale, et obtiennent des pouvoirs publics certaines faveurs contractuelles, il est certain qu'aucune considération n'a été empruntée par le juge à cette législation particulière. On ne voit pas, d'ailleurs, pour quel motif le concessionnaire d'une distribution d'énergie serait moins bien traité qu'un concessionnaire d'une entreprise de transport; on ne voit pas même pour quel motif un permissionnaire, installé aux distances règlementaires, et n'ayant rien à se reprocher, pourrait être moins bien traité.

Si le permissionnaire, vis-à-vis de l'administration, est dans une situation moins stable que le concessionnaire, il n'est pas moins habilité par la loi de 1906, et par de multiples règlements de voirie, à exercer son industrie par l'occupation de la voie publique, et ce serait une insulte à ses droits que de la considérer comme un occupant sans titre.

Paul Bougault,
Avocat à la Cour de Lyon.

Législation, jurisprudence, réglementation

Loi réglementant le privilège du Trésor pour le recouvrement de la contribution extraordinaire sur les bénéfices de guerre.

Le « Journal officiel » du 13 septembre 1922 publie, page 9314, un erratum au texte publié dans son numéro du 11 août, page 8398 et reproduit dans la « Revue générale de l'Electricité », 2 septembre 1922, t. XII, p. 334-336.

D'après cet erratum, dans l'article 6 de la loi on doit lire « les articles 2 201 *et* 2 203 du Code civil » au lieu de « les articles *à* 2 203... »

Le texte de l'article 6 doit donc être rétabli comme il suit :

Art. 6. — Le privilège du Trésor s'exercera avant tout autre, à l'exception des privilèges prévus par les articles 2 201 et 2 203 du Code civil et 191 du Code du commerce.

Digitized by Google

REVUE GÉNÉRALE DE L'ÉLECTRICITÉ

Organe de l'Union des Syndicats de l'Électricité

réunissant

LA REVUE ÉLECTRIQUE 1904-1916 — LA LUMIÈRE ÉLECTRIQUE 1879-1916

DIRECTEUR : J. BLONDIN, Agrégé de l'Université.

6e ANNÉE. — TOME XII. — N° 13. — 30 SEPTEMBRE 1922.

Chronique. — Nécrologie : Alexander-Graham Bell. — Bibliographies : Les usines dévastées, par UN GROUPE D'INGÉNIEURS; L'industrie du fer en France, par Jacques LEVAINVILLE, p. 457-458.

Section scientifique et technique. — Influence de la fréquence sur les pertes dans les diélectriques, par GRANIER p. 459. — Les isotopes, la désintégration artificielle des éléments, par L. BRÜNINGHAUS, p. 466. — Sur les feuillets magnétiques, par A. LIÉNARD, p. 470. — Revues, analyses et informations : Recherches oscillographiques sur les champs magnétiques et les forces électromotrices induites des moteurs d'induction, p. 471; Comment on peut changer la graduation des appareils de mesure, p. 474; La décharge sans électrodes dans certaines vapeurs, p. 476.

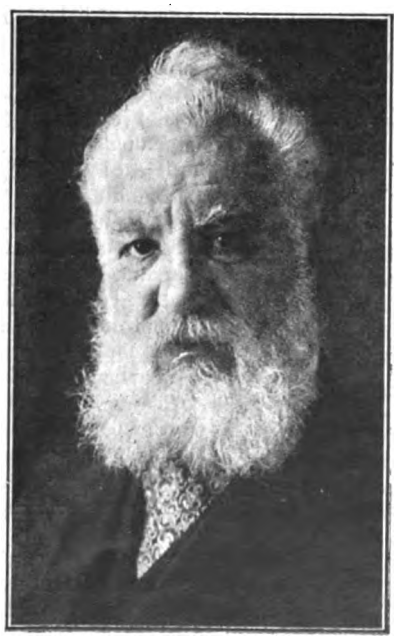
Section industrielle. — La vérification des connexions des compteurs à haute tension, par T. MAREC, p. 477. — Le fil de cuivre émaillé, par G. LEFÈVRE, p. 479. — Note relative à un système de réception de signaux électriques applicable à la télégraphie Morse, par O. STEELS, p. 483. — Revues, analyses et informations : L'emploi de l'électricité dans la petite industrie, p. 484; Récents progrès de l'électrochimie appliquée, p. 486; L'état actuel de l'électrification des chemins de fer de l'Etat allemand, p. 488.

Section économique et financière. — L'entreprise gouvernementale et son administration, p. 489. — Assemblées générales : Compagnie lorraine d'Electricité, p. 493.

Section de législation. — Législation, jurisprudence, réglementation : Sur une proposition de loi tendant à réprimer l'usurpation des titres professionnels (titre d'ingénieur, d'architecte, etc...), p. 495; Loi relative à des modifications de diverses dispositions de la loi du 29 mars 1920 portant relèvement et de la loi du 31 décembre 1921 portant abaissement de taxes postales télégraphiques et téléphoniques, p. 496.

Nécrologie : Alexander-Graham Bell. — En août dernier, le 2, Alexander-Graham Bell, l'inventeur du téléphone, mourait subitement dans sa soixante-seizième année. Né le 3 mars 1847, à Edimburg, où son père et son grand-père étaient professeurs de langues, Graham Bell s'intéressa dès sa jeunesse à la physiologie phonique et vocabe. En 1865, sa famille s'étant installée à Londres, il suivit des cours de physiologie à l'University College, puis s'intéressa aux travaux de von Helmholtz et de Sir Charles Wheatstone, pionniers de la télégraphie.

En 1866, il entreprit des recherches expérimentales sur la formation et la reproduction des sons, dans le but de transmettre électriquement la parole et, de 1867 à 1870, il fit de nombreuses inventions basées sur l'appareil de Helmholtz. En 1870, la famille de Bell émigra à Brantford, au Canada, et l'année suivante, Bell se rendit à Boston pour expérimenter un dispositif dû à son père, appelé « système pour rendre la parole visible, ou symboles physiologiques pour les sourds. (System of visible speech or physiological symbol for the deaf) ». Il resta à Boston jusqu'à son départ pour Washington en 1881.



Alexander-Graham BELL
1847-1922

Entre 1870 et 1874, Bell fit de nombreuses recherches pour la transmission multiple des messages télégraphiques au moyen de sons musicaux, tout en poursuivant le but qu'il s'était imposé : la transmission de la parole. Ses connaissances physiologiques et celles sur la conformation de l'oreille humaine lui furent un aide très précieux pour la confection de ses appareils. Le premier téléphone fut breveté par Bell le 3 mars 1876.

Le 25 mai 1876, Bell faisait une conférence publique sur le téléphone à la Boston Society of Arts et en août 1876 eut lieu, à Brantford (Canada), la première communication téléphonique.

L'appareil de Bell fut exposé la même année à l'exposition de Philadelphie. Des expériences furent faites devant Sir William Thomson (qui devint plus tard Lord Kelvin)

Digitized by Google

et l'Empereur du Brésil. A la fin de l'exposition, Bell fit cadeau de son appareil à Sir Thomson, qui le rapporta en Angleterre et le présenta devant la British Association. La reine Victoria comprit le grand intérêt de cette invention; elle fit immédiatement installer une ligne à Windsor et commanda cent appareils téléphoniques. Le service téléphonique en Grande-Bretagne était ainsi créé.

En Amérique, Bell éprouva de grandes difficultés pour faire adopter son système téléphonique. Ce ne fut que lorsque Mr T. N. Vail s'y intéressa que l'application et le développement du téléphone Bell firent quelques progrès, qui devinrent très rapides par la suite.

En 1892, on inaugurait la ligne New-York Chicago et en 1899, grâce à l'introduction de bobines de Pupin dans le circuit téléphonique, il était possible de communiquer entre New-York et San Francisco.

Graham Bell ne se borna pas à l'invention du téléphone. Parmi ses autres travaux il faut citer le photophone, la balance d'induction et, en collaboration de C.-A. Bell et Sumner Tainer, le graphophone. Il s'occupa aussi d'aéronautique et des communications électriques avec les navires. Ses nombreux travaux, qui firent faire à la science des progrès remarquables, lui valurent de nombreuses distinctions honorifiques. Il reçut de la France le prix Volta et la Légion d'honneur ; la Royal Society lui décerna la médaille Hughes et celle du Prince Albert.

En 1917, le duc de Devonshire, gouverneur général du Canada fit don, à la ville de Brantford, d'un parc public, appelé Alexander Graham Bell Gardens, de la maison dans laquelle Bell avait fait sa première invention, ainsi que d'un monument à la gloire de l'inventeur lui-même.

Bibliographie : Nos usines dévastées (1), par un groupe d'ingénieurs, avec une introduction par Léon Guillet, professeur de métallurgie au Conservatoire des Arts et Métiers et à l'École centrale des Arts et Manufactures. — Cet ouvrage est formé par la réunion des monographies de quelques grandes usines métallurgiques françaises détruites pendant la grande guerre, de 1914 à 1918. Il est destiné à perpétuer le souvenir des méthodes employées par les Allemands pour ruiner systématiquement l'Industrie française.

L'industrie métallurgique est, sans doute, dans notre pays, celle qui a joué le plus grand rôle durant la guerre que nous venons de subir. Elle a été la plus atteinte dans sa force productive et, d'autre part, elle a, en une réaction remarquable, concouru pour une très large, à notre victoire définitive.

Il peut paraître que cet ouvrage ne vient point en son temps, la préoccupation générale étant d'oublier les malheurs passés, pour ne se préoccuper que des difficultés présentes. Mais c'est une erreur de vouloir ainsi séparer notre gêne actuelle des événements qui l'ont entraînée, et ce livre, écrit pour les rappeler, sera longtemps encore d'une actualité poignante. Il importe, en effet que, dans tous les pays, les hommes de bonne foi puissent, en feuilletant les pages de ce livre, établir cette relation de cause à effet entre la destruction de nos usines, qui est une catastrophe nationale, et la situation mondiale actuelle.

Le but des auteurs a été de fixer de façon irréfutable et durable le désir d'anéantissement industriel de notre pays, conçu suivant un plan bien précis et méthodiquement suivi par nos ennemis, en dehors de toutes les lois de la guerre.

Dans une remarquable introduction, M. Guillet a exposé d'une façon détaillée et minutieuse la situation des différentes branches de la métallurgie en France, en 1914, et l'influence de l'invasion allemande sur chacune de ces branches. Les principales usines dévastées sont ensuite décrites en une série d'articles séparés où sont exposés leur prospérité d'avant-guerre, leur destruction par les Allemands et leur état actuel. De nombreuses photographies montrent, d'une façon malheureusement trop exacte toute l'étendue du désastre.

Cependant les auteurs n'ont pas voulu laisser le lecteur sur l'impression décourageante produite par ces tableaux de ruine nationale. Ils ont tenu à mettre en lumière le travail déjà accompli pour la restauration de ces usines ; à opposer à la besogne d'anéantissement de nos ennemis, notre propre effort de reconstruction.

Enfin, comme cet ouvrage intéresse non seulement les Français, mais tout le monde, car la ruine de notre industrie a eu des conséquences immenses, on a joint au texte des résumés, composés en langues étrangères : anglais, espagnol et italien, de l'introduction de ce volume. Celui-ci se présente alors, pour ceux auxquels la langue française n'est pas très familière, comme un album de photographies suffisamment éloquent. — B. E.

Bibliographie : L'industrie du fer en France, par Jacques Levainville, docteur de l'Université de Bordeaux (1). — L'auteur, mettant à profit une longue expérience acquise dans les mines de France et du nord de l'Afrique, donne dans cet ouvrage toute l'histoire de l'industrie sidérurgique en France; il montre ensuite l'état actuel de cette industrie et les profondes perturbations qui y ont été apportées par la guerre et il indique, enfin, ce que devra être plus tard cette industrie. Tout cet exposé du passé, de la situation présente et de l'avenir de l'industrie du fer est faite en un style clair, intéressant en même temps que très logique, l'auteur indiquant les raisons économiques de toutes les fluctuations qu'il signale dans cet historique.

Il est à remarquer que ce livre, paru dans la collection Armand-Colin, présente, tout en étant un ouvrage de vulgarisation, une précision et une documentation de tout premier ordre ; de plus, chaque chapitre est heureusement terminé par une bibliographie assez complète, ce qui permet au lecteur de connaître les livres qu'il doit consulter, s'il croit utile d'approfondir quelqu'une de ces questions. Cette méthode, déjà employée dans de nombreux ouvrages, nous paraît être ici particulièrement fertile.

L'auteur fait enfin ressortir l'importance de la production du fer pour un pays et, la conclusion à laquelle il arrive, à savoir que la France occupe le deuxième rang, c'est-à-dire vient immédiatement après les Etats-Unis, ne peut être que bienfaisante à l'heure où notre pays s'efforce de relever son industrie.

Il n'est pas inutile de signaler que cet ouvrage complète ceux du colonel Rouelle sur « La fonte » et « L'acier », déjà parus dans la même collection. — B. E.

(1) Un volume, format 27 cm × 23 cm, 234 pages, 306 figures et illustrations photographiques, édité par la *Revue de Métallurgie*, 5, cité Pigalle, Paris. Prix : broché, 25 fr.

(1) Un volume, format 17 cm × 11 cm, 212 pages, édité par la librairie Armand Colin, 103, boulevard Saint-Michel, Paris, V°. Prix : relié 6 fr ; broché 5 fr.

Digitized by Google

SECTION SCIENTIFIQUE & TECHNIQUE

Influence de la fréquence sur les pertes dans les diélectriques

Dans la Revue générale de l'Electricité du 13 août 1921, l'auteur avait indiqué les précautions que l'on doit prendre pour tracer correctement les cycles de viscosité diélectrique. Dans cet article, il compare les résultats obtenus par différentes méthodes et montre que les pertes diélectriques sont loin d'être, dans tous les cas, proportionnelles à la fréquence.

Introduction. — Un diélectrique soumis à une tension alternative est le siège d'un dégagement de chaleur; depuis que ce phénomène est connu, on a cherché à savoir comment il est influencé par la fréquence, et les opinions ont été souvent contradictoires.

Dans un précédent article (1), M. Raymond Bouzon, après des considérations théoriques des plus intéressantes, a mis au point une méthode simple pour l'essai industriel des isolants ; il résulte de ses expériences que, dans la limite des fréquences utilisées, la perte d'énergie est proportionnelle à la fréquence et au carré de la tension ; la comparaison rapide des isolants peut donc se faire facilement, sans qu'on soit obligé de ramener la tension et la fréquence à des valeurs rigoureusement fixes.

Toutefois, ces résultats, suffisamment précis pour des essais industriels, semblent insuffisants lorsqu'il s'agit de déterminer la nature des pertes diélectriques. Nous avons pensé que, pour résoudre la question, il fallait opérer sur une échelle de fréquences beaucoup plus étendue; les différentes méthodes de mesure n'étant pratiquement utilisables que dans une zone de fréquences relativement restreinte, nous avons dû employer successivement plusieurs montages. Deux méthodes, surtout, nous ont été fort utiles : celles du balistique et du pont de Wien ; nous allons les rappeler en quelques mots.

Méthode du balistique. — L'emploi d'un balistique permet de tracer point par point un cycle de viscosité. Il suffit pour cela de soumettre un condensateur construit avec le diélectrique étudié à une différence de potentiel alternative pendant un temps suffisamment long, puis de le décharger dans un balistique : on produit ensuite une nouvelle décharge, au même instant de la période, avec un condensateur parfait. Les élongations du balistique sont proportionnelles, dans le premier cas à la charge que possédait le condensateur étudié au moment de la rupture, dans le second cas, à la différence de potentiel à ses bornes au même instant. On obtient un point du cycle en portant la première de ces élongations en ordonnées, la seconde en abscisses ; pour en obtenir d'autres, on produit la décharge à d'autres moments de la période.

Comme nous l'avons montré dans un précédent article (1), la décharge est fort lente et les balistiques ne l'enregistrent totalement que si leur période d'oscillation est extrêmement longue ; les fluxmètres eux-mêmes ne fournissent qu'une solution imparfaite du problème. Après de nombreux essais, nous avons été conduits à adopter une méthode de compensation dont voici le principe :

Pendant la décharge, le couple de torsion du balistique exerce une action perturbatrice qui tend à ramener l'équipage mobile dans sa position d'équilibre; cette cause d'erreur est bien diminuée si l'on emploie un fil de suspension très long et très fin, mais, même dans ce cas, elle ne peut être complètement supprimée. Nous avons alors pensé, pour annuler l'action du couple de torsion, à maintenir constamment, pendant la décharge, l'équipage mobile au zéro ; il faut utiliser pour cela une décharge auxiliaire, égale à celle du condensateur et dont on peut à volonté faire varier la vitesse d'écoulement.

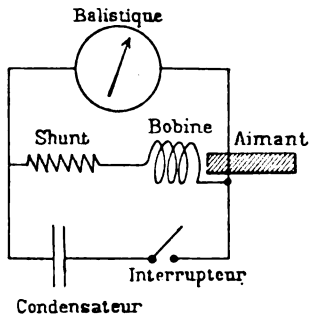


Fig. 1. — Schéma de la méthode employée par l'auteur afin d'annuler l'action du couple de torsion.

En série avec le shunt (ou avec le balistique), on dispose (fig. 1) une bobine à l'intérieur de laquelle peut

(1) *Revue générale de l'Electricité*, 2 et 9 août 1919, t. VI, p. 137-148 et 181-187.

(1) *Revue générale de l'Electricité*, 13-20 août 1921, t. X, p. 219-224.

Digitized by Google

pénétrer un aimant coulissant sur une glissière en bois. Le déplacement de cet aimant provoque dans la bobine des courants induits qui se ferment dans le balistique et, si celui-ci a un couple de torsion suffisamment faible et un amortissement considérable, sa déviation ne dépend que de la position de l'aimant. Il est facile d'ailleurs de le constater expérimentalement : le balistique étant au zéro, on déplace arbitrairement l'aimant à l'intérieur de la bobine pendant quelques secondes puis on le ramène à sa position primitive ; on constate que le spot revient aussitôt au zéro.

Une mesure se fait alors de la façon suivante :

On déplace d'abord l'aimant pour amener le spot au zéro, puis, après avoir mis momentanément le balistique en court-circuit pour qu'il ne dévie plus, on retire complètement l'aimant de la bobine en le faisant coulisser sur sa glissière jusqu'à une butée qui définit sa position. Après avoir donné au shunt une valeur convenable (1), on décharge le condensateur et en même temps on enfonce lentement l'aimant dans la bobine de manière à maintenir le spot sensiblement au zéro pendant toute la durée de la décharge. Enfin, quand celle-ci est terminée, on retire brusquement l'aimant de la bobine et le balistique indique alors une élongation proportionnelle à la quantité d'électricité débitée par le condensateur.

Cette manière de procéder ne comporte qu'une erreur relativement faible ; un exemple va nous permettre de préciser.

En observant d'abord le balistique au repos pendant un quart d'heure, nous vérifions que son zéro est bien fixe et qu'il n'est influencé par aucune dérivation due aux fuites (2). Nous constatons également que si, pendant une décharge, on supprime brusquement le condensateur, l'amortissement est assez considérable pour que le spot s'arrête aussitôt, de sorte que nous pouvons négliger la force vive de l'équipage mobile au cours d'une décharge lente. Ces précautions prises, nous déchargeons un condensateur, l'*aimant restant immobile*, et nous notons en fonction du temps les élongations suivantes :

Temps.	Élongations.
0 s	0 mm
10 id	30 id
20 id	50 id
30 id	65 id
1 mn	89 id
2 id	108 id
3 id	114 id
4 id	114 id
5 id	113 id
6 id	112 id

(1) La résistance du shunt, différente suivant la capacité des condensateurs étudiés, ne dépassait jamais quelques ohms, de sorte que l'amortissement du circuit était très considérable.

(2) Pour éviter les fuites, toutes les connexions avaient été faites en fil de cuivre rigide n'ayant aucun point de contact en dehors des bornes des appareils et ceux-ci étaient isolés sur de gros blocs de paraffine.

Au bout de six minutes, nous arrêtons la décharge et voyons le spot revenir lentement au zéro à la vitesse de 4 millimètres par minute ; nous en déduisons que les chiffres trouvés plus haut ne sont pas exacts et devraient, en première approximation, être augmentés de 2 mm pour le 5e, de 6 mm pour le 6e, de 10 mm pour le 7e, de 14 mm pour le 8e, etc.

La mesure directe, même avec ce balistique dont le couple de torsion est pourtant très réduit (1) donne donc des résultats nettement trop petits.

Recommençons maintenant la mesure en compensant la décharge. Après avoir laissé le condensateur en court-circuit pendant une heure, nous le chargeons, puis le déchargeons dans les mêmes conditions, mais en manœuvrant l'aimant de manière à maintenir le spot sensiblement au zéro. Au bout de vingt-cinq minutes, la décharge paraît complète, et, en retirant l'aimant, nous observons une élongation de 168 mm.

Cherchons une limite supérieure de l'erreur commise. Au début de la décharge, pendant deux secondes environ, quelques tâtonnements avaient été nécessaires, mais pendant cette période, la déviation était restée nettement inférieure à 10 mm ; pendant le reste de la décharge, elle n'avait pas atteint 1 mm de part et d'autre du zéro. La quantité d'électricité qui peut ne pas avoir été enregistrée du fait de l'existence d'un couple de torsion correspond donc, au grand maximum, à un nombre de millimètre égal à

$$\left(\frac{2}{60}\times\frac{10}{112}+25\times\frac{1}{112}\right)\times 4$$

quantité inférieure à 1 mm.

L'erreur, dans cette manière de procéder, dépend donc uniquement de la patience de l'opérateur qui doit prolonger la décharge et le court-circuit antérieur à la charge pendant un temps suffisamment long. On peut enfin remarquer que dans ces conditions la différence de potentiel aux bornes du condensateur est *rigoureusement* nulle de sorte que la décharge est complète et ne peut pas être influencée par les fuites du diélectrique.

Une fois le cycle de viscosité tracé point par point (fig. 2), il reste à en déduire la perte d'énergie correspondante. Nous savons que celle-ci est, dans le cas le plus général, proportionnelle à la surface du cycle ; mais puisque nous nous sommes placés dans le cas d'une tension sinusoïdale et par suite d'un cycle elliptique, nous avons la ressource de *calculer* cette surface au lieu de la *planimétrer*.

En effet, un courant sinusoïdal dont l'intensité maximum est I, déphasé d'un angle φ sur une tension sinusoïdale dont la valeur maximum est U, correspond à une puissance égale à

$$W=\frac{UI}{2}\cos\varphi.$$

(1) La durée d'une oscillation double en circuit ouvert était de six minutes.

Digitized by Google

Introduisons dans cette expression la charge maximum $Q = AB$ (fig. 2).

Comme l'intensité instantanée est la dérivée de la charge instantanée, le rapport de leurs valeurs maxima est égal à la pulsation ω

$$I = Q\omega ; \qquad W = \frac{1}{2} UQ\omega \cos \varphi .$$

Ainsi, pour un essai effectué à tension maximum constante, la perte par cycle est proportionnelle à

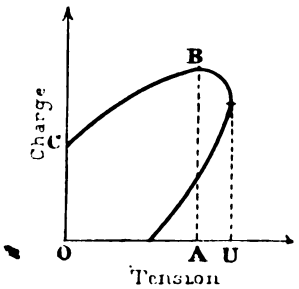


Fig. 2. — Tracé du cycle de viscosité.

$Q \cos \varphi$; cette quantité se détermine aisément sur le tracé du cycle ; c'est la valeur de la charge correspondant à une tension nulle ; c'est donc l'ordonnée à l'origine OC. Cos φ, qui a pour expression $\frac{OC}{AB}$, est nul pour un condensateur parfait et voisin de 1, au contraire, pour un condensateur extrêmement mauvais.

Méthodes du pont. — Considérons d'abord (fig. 3) un pont de Wheatstone ABDE formé de deux résistances, deux condensateurs *parfaits* et un téléphone ;

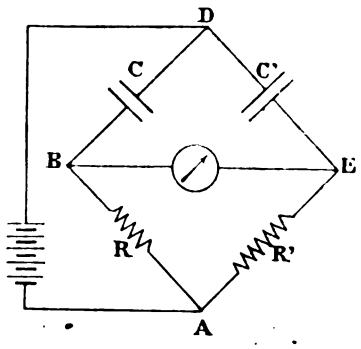


Fig. 3. — Pont de Sauty.

alimentons-le par un courant quelconque, continu ou alternatif. Le téléphone restera muet si le courant s'établit suivant la même loi dans les circuits dérivés ABD et AED ce qui exige que les constantes de temps CR et $C'R'$ soient égales ; c'est la méthode classique de Sauty.

Imaginons maintenant que l'un des condensateurs C soit imparfait ; la différence de potentiel entre B et E ne pourra plus être annulée, quel que soit le réglage de R et de R', de sorte que l'équilibre sera impossible dans le cas le plus général. Mais si, nous nous plaçons dans le cas particulier d'une tension sinusoïdale, nous pourrons obtenir le silence du téléphone en plaçant

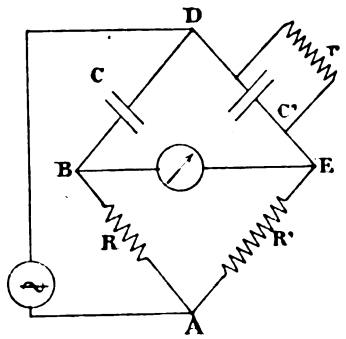


Fig. 4. — Pont de Nernst.

soit en dérivation sur le condensateur parfait C', soit en série avec lui, une résistance convenable r. Le premier montage (fig. 4) est celui de Nernst, le second (fig. 5) celui de Wien.

Dans chacune de ces méthodes, on obtient, lorsque

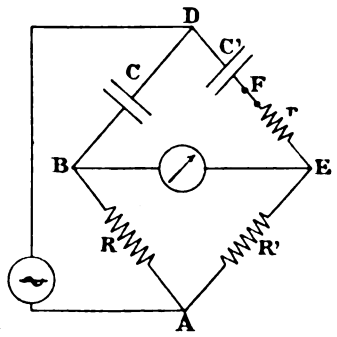


Fig. 5. — Pont de Wien.

le téléphone est muet, deux équations d'équilibre : La première est la relation

$$CR = CR',$$

comme dans la méthode de Sauty. La seconde indique que le déphasage du courant sur la tension est le même dans les branches BD et ED et est donné par la relation

$$\text{tg } \varphi = \frac{1}{C'r\omega} \text{ (méthode de Wien),}$$

ou

$$\text{tg } \varphi = C'r\omega \text{ (méthode Nernst).}$$

Il y a lieu de faire ici une remarque qui nous paraît fondamentale : les résultats obtenus dans la détermination de la capacité d'un condensateur imparfait par ces deux méthodes ne peuvent pas *théoriquement* être identiques parce qu'ils ne correspondent pas à la même définition de la capacité. Aussi, avant d'aller plus loin, nous devons préciser ce que nous entendons par « capacité d'un condensateur ».

Digitized by Google

Définitions. — La capacité d'un condensateur parfait ne peut se définir que d'une seule manière ; c'est le rapport constant qui existe entre sa charge et la tension à ses bornes. Pour un condensateur imparfait on peut, au contraire, distinguer plusieurs sortes de capacités.

1° Un condensateur imparfait soumis à une tension constante U pendant un temps extrêmement court (1) prend une charge bien définie Q_1. Nous pouvons donner au rapport $\frac{Q_1}{U}$ le nom de « capacité instantanée » ; on arriverait à la même définition en considérant la charge libérée pendant une décharge extrêmement courte.

Le même condensateur soumis à une tension constante U pendant un temps extrêmement long emmagasine une charge Q_2; le rapport $\frac{Q_2}{U}$ est la « capacité maximum en courant continu ».

2° Enfin ce condensateur soumis à une tension alternative, sinusoïdale par exemple, aura emmagasiné à un instant quelconque t une charge Q_t qui ne dépendra pas uniquement de la tension correspondante U_t. La quantité $\frac{Q_t}{U_t}$ que nous pourrions appeler « capacité à l'instant t » prend toutes les valeurs de $-\infty$ à $+\infty$ suivant les valeurs de t ; elle n'est pas une caractéristique du condensateur et nous sommes amenés, en courant alternatif, à envisager d'autres définitions.

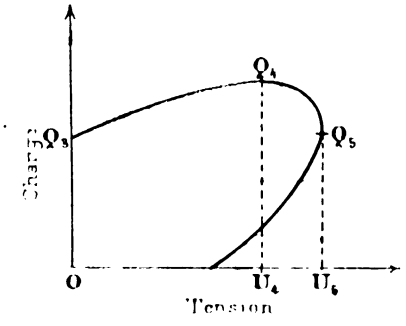


Fig. 6. — Cycle d'hystérésis.

Nous pouvons à volonté introduire dans celles-ci les coordonnées des points remarquables de la courbe de viscosité (fig. 6) : Q_3, charge correspondant à une tension nulle ; Q_4 charge maximum et U_4, tension correspondante ; enfin U_5, tension maximum et Q_5, charge correspondante.

Examinons les conditions que doit remplir une bonne définition : la capacité d'un condensateur imparfait doit être définie sans ambiguïté et pouvoir être mesurée d'une manière précise ; elle doit, en outre, comprendre comme cas particulier celle d'un condensateur parfait sur la définition de laquelle tout le monde est d'accord.

La première de ces conditions nous oblige à employer comme appareil de mesure fondamental le balistique ; c'est en effet la seule méthode dont les résultats peuvent s'interpréter sans aucune hypothèse sur la constitution des diélectriques *et sont valables même si ceux-ci possèdent des fuites.*

La deuxième condition nous oblige à éliminer de la définition les valeurs Q_3 et U_4 qui ne sont pas mesurées au balistique avec une précision suffisante.

Enfin la troisième condition nous empêche d'utiliser Q_3 qui devient nul dans le cas d'un condensateur parfait. Nous nous arrêterons donc à la définition suivante :

La capacité en courant alternatif est le rapport $\frac{Q_5}{U_5}$ *de la charge maximum à la tension maximum.*

Accessoirement, nous pourrons considérer les rapports $\frac{Q_3}{U_5}$ et $\frac{Q_5}{U_5}$ qui sont les composantes « wattée et déwattée » de la capacité ainsi définie.

Comparaison des méthodes précédentes. — Revenons maintenant aux méthodes du pont et comparons les méthodes de Wien et de Nernst, entre elles d'abord, à celle du balistique ensuite.

1° Il est évident en premier lieu que les deux méthodes du pont ne peuvent pas donner le même résultat pour la capacité. Ce qu'elles nous fournissent en effet sans aucune ambiguïté, ce sont les puissances wattée et déwattée absorbées par le condensateur étudié ; mais lorsque de la valeur de cette dernière nous voulons déduire la capacité par les formules indiquées plus haut, nous supposons implicitement dans la méthode de Nernst qu'elle est absorbée sous la différence de potentiel entre les points D et E, égale à la différence de potentiel correspondant aux points D et B qui existe aux bornes du condensateur imparfait C ; dans la méthode de Wien au contraire, nous admettons qu'elle est absorbée sous la différence de potentiel correspondant aux points D et F qui existe aux bornes du condensateur parfait de comparaison C', ce qui est bien différent.

2° Comparons maintenant les capacités obtenues au pont à celle que nous donne le balistique ; pour simplifier, supposons égaux les bras R et R' du pont.

Considérons d'abord un condensateur C *présentant de la viscosité, mais sans fuites.* Dans la méthode de Wien le condensateur C et le condensateur C' de comparaison emmagasinent la même quantité d'électricité maximum ; mais les tensions maxima auxquelles ils sont soumis ne sont pas égales et leur rapport est $\sin\varphi$.

Le rapport entre la capacité définie au balistique et la capacité mesurée au pont est donc $\sin\varphi$.

Dans la méthode de Nernst, le rapport entre les quantités d'électricité maxima qui traversent C et C' est $\frac{1}{\sin\varphi}$; les tensions maxima sont les mêmes pour C et C'. Le rapport entre la capacité définie au balistique et la capacité mesurée au pont est donc $\frac{1}{\sin\varphi}$.

(1) C'est-à-dire de l'ordre de grandeur de la période des oscillations hertziennes les plus rapides.

Digitized by Google

Examinons enfin le cas d'un condensateur *sans viscosité mais avec fuites*.

Dans la méthode de Wien le rapport entre les quantités d'électricité maxima emmagasinées par C et C' est sin φ ; le rapport entre les tensions maxima supportées est $\frac{1}{\sin \varphi}$. Le rapport des capacités obtenues au balistique et au pont sera donc $\sin^2\varphi$.

La méthode de Nernst donnera, par contre, pour la capacité la même valeur que celle du balistique ; ce dernier appareil n'est pas, en effet, influencé par les fuites.

3° Ainsi, pour des condensateurs *avec viscosité sans fuites* ou *sans viscosité avec fuites* la capacité obtenue au pont de Wien est toujours $\frac{1}{\sin^2\varphi}$ fois plus grande qu'au pont de Nernst. Rien n'empêcherait évidemment de compliquer légèrement les formules adoptées de manière à obtenir au pont *pour de tels condensateurs* des résultats identiques à ceux que donne le balistique. Mais il faut bien remarquer que ces formules ne seraient pas valables pour des condensateurs ordinaires qui possèdent *à la fois de la viscosité et des fuites* ; le pont à courant alternatif est en effet insuffisant pour indiquer dans quelle proportion les pertes sont dues à la viscosité ou aux fuites. L'emploi du courant continu ne peut donner qu'une approximation très grossière dans la mesure des fuites et c'est pour cela que nous avons choisi la méthode du balistique pour définir dans le cas le plus général la capacité d'un condensateur.

Dans les conditions ordinaires, sin φ est très voisin de 1, de sorte qu'il n'y a pas grand écart entre les valeurs de la capacité obtenues par les différentes méthodes. Il en serait tout autrement si, dans les conditions de la mesure, les pertes étaient importantes, à température élevée par exemple.

Nous devons enfin pour terminer la discussion des méthodes précédentes, préciser la définition des pertes.

Dans un condensateur *sans viscosité mais avec fuites*, le courant de polarisation se compose avec le courant de conduction ; la résultante est déphasée par rapport à la tension. Nous avons alors à considérer un « déphasage dû aux fuites ».

Dans un condensateur *avec viscosité et sans fuites* il se produit des pertes par viscosité et l'intensité n'est plus en quadrature avec la tension. Nous avons donc à considérer un autre « déphasage dû à la viscosité ».

Dans un condensateur *avec viscosité et avec fuites* ces deux sortes de pertes coexistent. Nous avons à considérer dans ces conditions un « déphasage total ».

Il est évident que, dans ce dernier cas, les méthodes du pont s'accordent pour donner le déphasage total. La méthode du balistique indique simplement le déphasage dû à la viscosité.

Au lieu de considérer les déphasages φ du courant sur la tension, on peut définir les déphasages α de la quantité d'électricité sur la tension ; les angles α auxquels on donne le nom « d'angles de perte » sont complémentaires des angles φ.

Sources de courant employées. — Pour des fréquences inférieures à quelques périodes par seconde, il est presque impossible de produire le courant d'alimentation au moyen d'un alternateur, les forces électromotrices induites étant trop faibles dans ces conditions ; on utilise alors un dispositif à contact glissant pour prendre une dérivation sur un circuit parcouru par un courant constant (1).

Pour des fréquences industrielles, nous avons employé deux alternateurs, l'un à 2 pôles, l'autre à 12 pôles, dont les induits étaient bobinés en anneaux lisses et dont les courbes de tension étaient de bonnes sinusoïdes.

Pour des fréquences téléphoniques, nous nous sommes servis d'un petit alternateur à fer tournant ; sa courbe de tension était très riche en harmoniques mais nous les avons éliminés en faisant résoner l'onde fondamentale dans un circuit accordé et en couplant le circuit de mesure par induction.

Enfin, en haute fréquence, nous avons utilisé des oscillateurs à lampes du type classique.

Résultats obtenus. — Nos essais ont porté sur un grand nombre de condensateurs ; nous nous contenterons de donner quelques résultats relatifs à des condensateurs particulièrement mauvais sur lesquels les phénomènes sont plus visibles.

1° Condensateur A, a papier paraffiné. — La figure 7 montre les cycles de viscosité obtenus pour les différentes fréquences. Dans le tableau suivant qui résume les résultats ayant servi au tracé de ces courbes, nous avons fait figurer les élongations obtenues au balistique avec le condensateur étalon (mica, 1 microfarad) qui sont proportionnelles à la tension, et celles qui correspondent au condensateur A étudié.

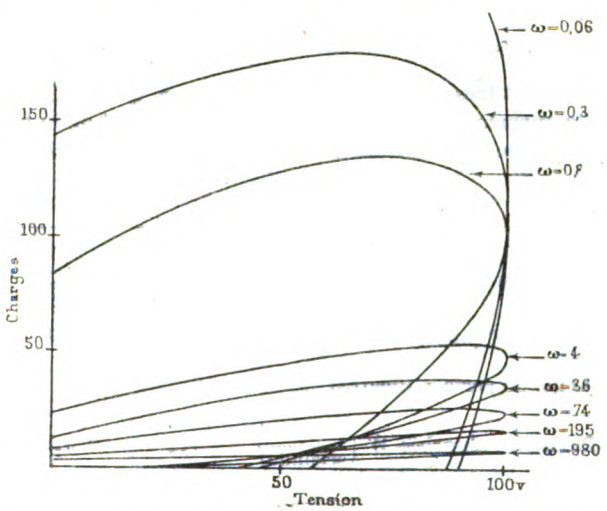


Fig. 7. — Cycles de viscosité du conducteur pour différentes valeurs de la pulsation ω.

(1) Pour plus de détails consulter *Revue générale de l'Electricité*, 13-20 août 1921, t. X, p. 220.

Digitized by Google

Tableau I.

		Élongation en millimètres.							
$\omega = 0{,}06$ (radians par sec)	Condensateur étalon ... (prop. à la tension) ..	38	85	99	97	80	54	28	— 5
	Condensateur A .. .... (prop. à la charge) ...	—175	— 3	112	228	262	288	281	232
$\omega = 0.3$	Condensateur étalon ...	24	52	74	94	96	72	44	1
	Condensateur A.....	—106	—33	— 5	26	150	176	178	144
$\omega = 0.8$	Condensateur étalon....	25	52	86	95	83	62	36	6
	Condensateur A.....	—50	— 8	51	72	122	129	117	95
$\omega = 4$	Condensateur étalon....	5	35	72	91	96	80	46	0
	Condensateur A	—21	— 5	18	35	55	53	44	24
$\omega = 36$	Condensateur étalon....	— 2	26	70	95	92	71	35	3
	Condensateur A.....	—13	— 3	17	32	39	37	27	13
$\omega = 74$	Condensateur étalon....	5	39	70	95	91	69	35	2
	Cundensateur A	— 6.5	2	10.6	20.3	25.8	23.1	14.8	7.2
$\omega = 195$	Condensateur étalon....	10	49	81	95	96	70	35	— 3
	Condensateur A	— 1.2	5	10.3	14.2	17.5	14,8	10,2	3,3
$\omega = 980$	Condensateur étalon....	3	35	81	93	97	65	24	0
	Condensateur A.....	— 0.3	1.3	7	8.5	9.7	6.8	2.8	0.7

On voit très nettement sur la figure 7 que la forme et la surface du cycle dépendent énormément de la fréquence. De ces résultats nous avons déduit la capacité C, l'angle de perte α et la puissance W transformée en chaleur sous une tension efficace de 1 v; ces quantités sont rassemblées dans le tableau II :

Tableau II.

Pulsation ω $\left(\frac{\text{radians}}{\text{seconde}}\right)$	0,06	0.3	0,8	4	36	74	195	980
Capacité C (microfarads)..... ..	2.9	1.8	1,3	0.56	0.4	0.26	0,175	0,097
Angle de perte α (degrés).....	55	55	45	26	17	16	11	4
Puissance absorbée W $\left(\frac{\text{ergs}}{\text{seconde}}\right)$.	1.4	4.3	7.3	9.6	39	52	65	67

2° Condensateur B, au papier ciré. — Nous avons opéré de la même manière; les résultats définitifs sont réunis dans le fableau III :

Tableau III.

Pulsation ω..... ...	0,06	0,3	0,8	4	36	74	195	980
Capacité C.....	9,85	3,85	3,10	2,30	1,42	1,35	1,30	1,30
Angle de perte α (degrés).....	90(?)	90(?)	53	20	6	22°30'	2	1
Puissance absorbée W.....	5.9	11.5	17	32	51	40(?)	200	265

Digitized by Google

3° Condensateur A. — L'étude faite au moyen du balistique (1°) a été recommencée par la méthode du pont de Wien afin de pouvoir comparer les deux méthodes; voici le tableau IV indiquant les nouveaux résultats :

Tableau IV.

Pulsation ω.....	1,8	10,5	26,2	44,5	90.5	222	340	1 020	1 620	2 980	5 610
Capacité C.....	1,02	0,54	0,39	0,35	0,26	0,18	0,175	0,142	0,136	0,133	0,127
Angle de perte α (degrés)	36	24	20	17	17	15	12	8°10′	6	5°25′	4°50′
Puissance absorbée W...	8,35	29,5	32,5	43	67	97	120	205	230	385	600

4° Condensateurs de très faible capacité, chargés par un courant a haute fréquence. — Des essais ont été faits par la méthode calorimétrique pour déterminer comment l'angle de perte α variait avec la fréquence f.

Ils ont donné les résultats réunis dans le tableau V.

Tableau V.

Diélectrique constituant le condensateur	Fréquence en p : s	Longueur d'onde correspondante en m	Valeur de α
Mica légèrement brun ...	143 000	2 100	0°12′
	11 300	34 000	0°18′
Presspahn bien sec.....	250 000	1 200	0°36′
	9 100	33 000	0°35′
Toile huilée (rapidement séchée).....	230 000	1 300	2°10′
	9 100	33 000	2°45′
Verre (tube à essai).....	273 000	1 100	0°22′
	7 700	39 000	0°45′
Papier ciré.....	183 000	1 640	0°50′
	5 600	54 000	3°10′
Caoutchouc vulcanisé....	220 000	1 370	0°55′
	8 850	34 000	1°45′
Gutta.....	266 000	1 130	1°20′
	7 500	40 000	1°35′
Papier buvard (humidité du laboratoire).....	210 000	1 430	5°10′
	9 700	31 000	12°30′
Vase poreux pour pile (neuf, humidité du laboratoire).....	104 000	2 900	2°35′
	9 700	31 000	7°20′

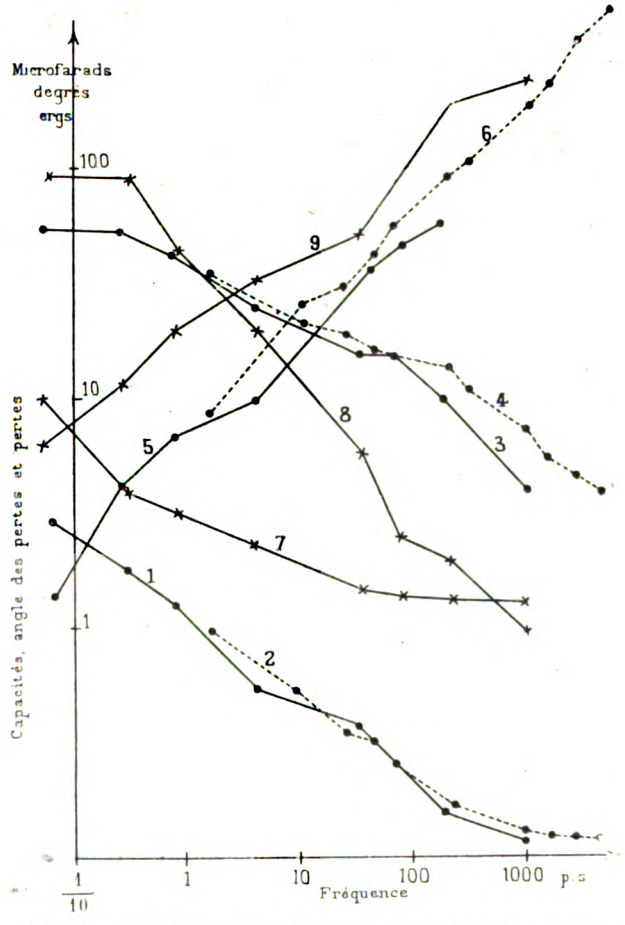


Fig. 8. — Variation de la capacité, de l'angle des pertes et des pertes en fonction de la pulsation.

Courbe 1, Capacité du condensateur A (balistique);
2, Capacité du condensateur A (pont);
3, Angle de perte du condensateur A (balistique);
4, Angle de perte du condensateur A (pont);
5, Pertes dans le condensateur A (balistique);
6, Pertes dans le condensateur A (pont);
7, Capacité du condensateur B (balistique);
8, Angle de perte du condensateur B (balistique);
9, Pertes dans le condensateur B (balistique).

Conclusion. — Les résultats relatifs aux condensateurs A et B ont été représentés sur la figure 8, en adoptant des coordonnées logarithmiques pour faciliter les lectures à basse fréquence.

On voit, en premier lieu, que les résultats obtenus au pont ne sont pas très différents, en général, de ceux que fournit le balistique; dans les quelques cas où l'écart entre leurs valeurs est notable, c'est que l'une des deux méthodes est à la limite de sa sensibilité. Pour des cycles très aplatis, par exemple, on ne peut mesurer l'angle de perte, au balistique, qu'avec une

Digitized by Google

faible approximation; par contre, aux basses fréquences, l'équilibre ne peut être obtenu, au pont, que d'une manière approchée.

En coordonnées logarithmiques, les courbes représentatives des pertes sont sensiblement rectilignes; elles peuvent donc être représentées par des relations de la forme $W = M\omega^n$ où M et n sont des constantes. L'exposant n prend la valeur 0,4 pour le condensateur A et 0,5 pour B; la puissance absorbée par ces deux mauvais condensateurs croît donc bien moins vite que la fréquence. La surface du cycle de viscosité et l'angle de perte diminuent rapidement lorsque la fréquence augmente; ces condensateurs sont donc d'autant meilleurs que la fréquence est plus élevée.

Sans que l'on puisse assurer que la loi précédente se vérifie pour les oscillations utilisées en télégraphie sans fil, on constate généralement qu'à une augmentation de fréquence correspond une diminution de l'angle de perte. Celle-ci, insensible pour le presspahn sec et la gutta, devient importante pour le verre, le papier ciré, le buvard et la porcelaine poreuse. Dans les premiers de ces corps, la puissance absorbée est donc sensiblement proportionnelle à la fréquence; pour les derniers au contraire, elle augmente moins rapidement et si l'on admet que la loi $W = M\omega^n$ est encore valable, la valeur de n descendrait à 0,78 pour le verre et à 0,54 pour le buvard humide.

Nous devons enfin ajouter que les chiffres précédents ne se rapportent qu'aux échantillons étudiés et ne sont nullement caractéristiques d'une substance définie; en particulier pour le verre et le papier, nous avons obtenu avec différents condensateurs des nombres présentant entre eux des écarts notables. Pour des condensateurs particulièrement soignés (mica bien transparent, câbles au papier imprégnés dans le vide et à haute température), les angles de pertes sont nettement inférieurs à ceux qui figurent dans le tableau ci-dessus

GRANIER.
Ingénieur E. S. E.,
Faculté des Sciences de Montpellier

Les isotopes, la désintégration artificielle des éléments

Au nombre des postulats fondamentaux sur lesquels repose la théorie atomique, proposée par Dalton, les plus importants sont sans contredit l'identité des atomes d'un même élément, et le caractère de permanence des mêmes atomes. L'évolution rapide des sciences physicochimiques à laquelle nous assistons actuellement remet en question le caractère tout d'abord absolu de ces postulats, et nous conduit à cette double conséquence quasi-révolutionnaire : la transmutation provoquée des éléments n'est plus un vain mot; des atomes différents par nature peuvent être chimiquement indiscernables. Nous allons parcourir succinctement les phases de cette double révolution chimique, à laquelle s'attachent les noms désormais célèbres d'Aston et de Rutherford (1).

On sait que les progrès de la chimie sont en grande partie attribuables à la conception des atomes, due à l'intuition géniale du grand Dalton. Les atomes sont avant tout supposés insécables (de là vient leur nom), et par conséquent indivisibles et permanents au cours des modifications physiques ou chimiques que l'on peut faire subir à la matière qu'ils constituent. Puis on a supposé à priori, sans aucune preuve expérimentale, et pour la seule raison de simplicité, que les atomes d'un même élément sont identiques les uns aux autres, que leurs masses, en particulier, sont rigoureusement égales.

Le succès de la théorie atomique, qui s'appuie sur ces postulats, les justifie à posteriori, et ce succès est considérable, puisqu'il correspond à plus d'un siècle de recherches actives, au cours duquel la chimie n'a fait que se développer à pas de plus en plus rapides, en prenant cette théorie pour base.

Or, il se trouve actuellement que, par suite des progrès rapides de la science, la puissance de nos moyens d'action sur la matière, d'une part, la sensibilité et la précision de nos procédés d'observation, de l'autre, se sont accrues à un tel degré, que des vérités restées incontestées et incontestables à la seule lumière des moyens chimiques d'investigation, se trouvent actuellement remises en question, sous une forme qui, sans en détruire les conséquences dans le domaine pratique des faits chimiques pour lesquels elles ont été énoncées, en restreint du moins le caractère absolu tout d'abord admis et en délimite nettement les conditions d'applicabilité légitime.

Parmi ces puissants moyens par lesquels la matière peut être traitée, le plus remarquable au point de vue de la concentration de l'énergie mise en jeu est le bombardement des atomes par ces rayons α rapides qu'émet le radium C, auquel sir Ernest Rutherford a le premier songé, et qui lui a donné les résultats surprenants que nous allons voir.

Rappelons l'état des idées actuelles sur la structure des atomes, étudiées en détail au cours d'un précédent article (1) : au centre de l'atome, il y a un noyau extrêmement petit, mais où presque toute la masse de

(1) Voir à ce sujet : 1° La conférence de Rutherford, faite devant la Société de Physique, et publiée par le *Journal de Physique*, numéro d'avril 1922, page 133; 2° la communication d'Aston à la *Royal Institution*, de Londres, reproduite par la *Revue scientifique*, du 13 mai 1922, page 285. Nous avons fait à ces deux excellents exposés de nombreux emprunts.

(1) L. BRÜNINGHAUS. La constitution de l'atome. *R. G. E.*, 4 mars 1922, t. XI, p. 299-308.

Digitized by Google

l'atome se trouve concentrée ; ce noyau est entouré par un système d'électrons gravitant autour du noyau, les électrons planétaires, dont les distances sont grandes par rapport aux dimensions du noyau. La charge électrique des noyaux atomiques suit une loi très simple : elle vaut autant de charges élémentaires positives (charge d'un électron changée de signe) que le nombre atomique de l'atome comporte d'unités ; elle varie donc de 1, pour l'hydrogène, à 92, pour l'uranium. Il y a un nombre égal d'électrons planétaires. A l'exception de la masse de l'atome, sur laquelle nous allons revenir dans la deuxième partie de cet article, les propriétés physico-chimiques de chaque atome sont sous la dépendance directe du nombre des électrons planétaires, et, par conséquent, de la charge nucléaire.

Il résulte de cette structure que l'on peut espérer modifier l'atome soit en lui arrachant des électrons planétaires, soit en brisant son noyau, et soustrayant à celui-ci un ou plusieurs des éléments qui le constituent. Il se trouve que la première modification est relativement aisée (action des rayons ultraviolets, des décharges électriques, des rayons β), mais ne possède pas un caractère permanent. L'électron perdu sera aisément récupéré, et l'atome initial régénéré. Au contraire, une modification portant sur le noyau sera fort difficile, comme nécessitant l'intervention dans un petit volume d'une énergie considérable, mais, une fois produite, paraît appelée à subsister avec une très grande stabilité.

Depuis la découverte des phénomènes radioactifs, on sait que la permanence atomique n'est pas générale. Mais, on pouvait, à certains égards, considérer les désintégrations radioactives comme des faits exceptionnels. Si quelques atomes se détruisaient spontanément, notre incapacité à détruire des atomes restait entière et la restriction apportée par les faits de la radioactivité au postulat de Dalton, pour importante qu'elle ait été théoriquement, n'en restait pas moins très étroite et limitée. Pourtant, les phénomènes radioactifs ont constitué une étape importante vers les idées actuelles, car c'est grâce à eux que la structure atomique, et en particulier la structure nucléaire, a pu être élucidée. Ils ont conduit à ce résultat que les noyaux atomiques doivent être formés par la réunion d'un certain nombre de noyaux d'hélium, juxtaposés ou non à des noyaux d'hydrogène, le tout assemblé fortement et par un mécanisme encore inconnu, au moyen d'électrons (électrons nucléaires). D'ailleurs, il y a lieu de penser que chaque noyau d'hélium comprend quatre noyaux d'hydrogène, liés par deux électrons, l'édifice ainsi formé présentant une stabilité considérable ; de sorte qu'en définitive l'élément fondamental constitutif de la masse principale de l'atome est le noyau de l'atome d'hydrogène, auquel M. J. Perrin a donné le nom suggestif de nucléon. Ces noyaux plus ou moins nombreux sont cimentés par un nombre convenable d'électrons nucléaires, très légers par rapport aux nucléons.

Les forces qui maintiennent assemblés les éléments de cet édifice doivent être d'une intensité énorme, aussi ce n'est que par l'intervention d'une quantité d'énergie très grande que l'on peut espérer une rupture du noyau. Ce sont encore les phénomènes radioactifs qui ont fourni, sous la forme des particules α, une source d'énergie assez concentrée pour y réussir. Les particules α (noyaux de l'atome d'hélium) sont lancées par le radium avec une vitesse d'environ 16000 km : s; leur vitesse vaut donc 20000 fois celle d'une balle de fusil, et leur énergie cinétique est 400 millions de fois plus grande, à égalité de masse.

Voyons d'abord ce qui se produit lorsque les particules α rencontrent des atomes d'hydrogène, dont le noyau ne saurait être divisé, puisqu'il comprend un seul nucléon. Dans le cas d'une collision directe, le noyau H est projeté à grande vitesse, et on obtient ainsi des particules dont le parcours (1) est quatre fois plus grand que celui des particules α incidentes, ce dont il est facile de se rendre compte par les scintillations produites sur un écran au sulfure de zinc. Les faits observés au cours de ces expériences ont montré du reste que la loi de force à de très faibles distances n'est pas celle de l'inverse du carré de la distance ; les forces sont, à partir d'une certaine proximité, beaucoup plus considérables que celles qui correspondent à l'application de cette loi. Des forces gigantesques agissent dans ces collisions nucléaires, et seules des structures très stables peuvent y résister.

L'expérience fondamentale de Rutherford est la suivante : bombardant de l'air, ou mieux de l'azote avec un faisceau de rayons α, il observa l'apparition de particules chargées, dont la déviation dans le champ magnétique est la même que celle des nucléons obtenus en bombardant le gaz hydrogène. Ce résultat pouvait être interprété en pensant que l'hydrogène existait à l'état d'impureté dans les gaz étudiés ; mais, outre que la purification ne faisait pas disparaître ni même diminuer le phénomène, un caractère plus direct et plus indubitable conduit à la conclusion nécessaire que les nucléons formés ne proviennent pas d'atomes d'hydrogène : leur parcours est supérieur à celui des nucléons obtenus en bombardant l'hydrogène. D'où l'idée qui peut paraître hardie, mais qui est, on le voit, fortement imposée par les faits, que ces nucléons de l'azote proviennent de la désintégration du noyau de l'atome d'azote par collision avec une particule α.

Il importe cependant, pour entraîner la conviction du lecteur, de fixer l'ordre de grandeur des phénomènes et la manière de les obtenir. La méthode actuelle d'observation est la suivante : on utilise un tube de laiton de 3 cm de diamètre, pourvu de robinets pour la circulation des gaz ; à une extrémité du tube, se trouve un trou recouvert d'une plaque d'argent mince. Un écran de sulfure de zinc, sur lequel on observera au microscope les scintillations dues au choc de particules α ou des nucléons, est fixé à une distance de 1,3 mm de l'ouverture, laissant ainsi un espace vide

(1) Le parcours d'une particule est le chemin qu'elle peut accomplir jusqu'à ce que sa vitesse s'annule.

Digitized by Google

dans lequel on peut insérer des écrans absorbants en mica. La source radioactive est placée à l'extrémité d'une tige de manière à ce que sa distance à l'écran puisse varier à volonté.

Cette source est, par exemple, un disque de laiton couvert sur une face d'une couche de radium C équivalente à 40 mg de radium : elle est à 3,5 cm de l'écran de sulfure de zinc, et on fait d'abord circuler dans l'appareil un courant d'hydrogène sec.

On observe aussitôt un grand nombre scintillations ; on arrête bien entendu les particules α, par un écran convenable (transparent aux nucléons), qui les empêche de parvenir au sulfure. Le parcours des nucléons obtenus est déterminé facilement en cherchant quelle épaisseur de mica doit être interposée sur leur parcours pour arrêter toute scintillation. On a trouvé que cette épaisseur est équivalente à une traversée de 30 cm d'air, pris dans les conditions normales. Ce nombre représente donc le parcours des nucléons de l'hydrogène obtenus dans les conditions expérimentales qui précèdent. Ajoutons ce fait remarquable que tout composé hydrogéné (la paraffine par exemple) donne des nucléons de même parcours.

Substituons à l'hydrogène de l'oxygène pur et sec : il n'y a plus aucune scintillation. Remplaçons l'oxygène par de l'air, les scintillations reprennent ; interposons une lame de mica équivalente à 30 cm d'air, qui arrête les nucléons de l'hydrogène et supprime donc leurs scintillations : les scintillations subsistent, à raison de plus de 100 par minute. Enfin mesurons le parcours des nucléons obtenus, en interposant une épaisseur de mica suffisante pour les arrêter, on trouve une épaisseur équivalente à un parcours de 40 cm d'air, alors que celui qui caractérise les nucléons obtenus dans l'hydrogène est de 30 cm. Donc les nucléons de l'air ne sauraient être dus à l'hydrogène, ni à l'oxygène qui est inactif. C'est de l'azote qu'ils proviennent.

Remplissons l'appareil d'oxygène, qui est sans action puis interposons diverses minces feuilles métalliques. Il ne se produit rien avec le cuivre, le fer, l'argent, l'or ; au contraire le phénomène est intense avec l'aluminium, dont les nucléons sont caractérisés par un parcours de 90 cm. Parmi les autres corps essayés, on a obtenu un résultat positif avec le bore, le fluor, le sodium, le phosphore. On n'a rien obtenu d'observable, dans les conditions expérimentales employées, avec le lithium, le glucinium, le carbone, l'oxygène, le magnésium, le silicium et le soufre.

Enfin, il importe de remarquer que, dans le cas de l'aluminium, on a trouvé autant de particules projetées en arrière de la lame qu'en avant.

Au point de vue de l'énergie cinétique des nucléons ainsi émis par certains atomes, on a pu constater qu'elle est parfois supérieure à l'énergie des particules α au moment du choc : de façon plus précise, tous les nucléons ayant un parcours supérieur à environ 56 cm correspondent à un gain d'énergie, résultant de la désintégration du noyau de l'atome considéré : une partie de l'énergie provient du noyau désintégré.

Il convient de noter que la désintégration effectuée par les particules α ne se produit que sur une très petite échelle. Quant une particule α du radium C rencontre un écran d'aluminium, il est probable qu'elle traverse avec une vitesse suffisante les édifices atomiques d'à peu près 100 000 atomes, et pourtant deux particules α seulement sur un million se rapprochent assez du noyau pour libérer un nucléon. On sait que l'accumulation des particules α d'un gramme de radium produit 163 mm³ d'hélium par an. Si on suppose que toutes les particules α émises par un gramme de radium soient projetées sur l'aluminium, la quantité d'hydrogène libéré par la désintégration des noyaux d'aluminium serait de l'ordre de 1/1 000 de millimètre cube par an. C'est cette petitesse du phénomène qui explique les difficultés de son observation.

Passons à l'étude du mécanisme de la désintégration. L'étude de la radioactivité a conduit, nous l'avons vu plus haut, à penser que la particule α est l'une des unités de la structure atomique. Les expériences décrites ci-dessus montrent que le nucléon est aussi l'une des unités de la structure atomique de certains éléments légers. Les nucléons ne sont libérés qu'à partir des atomes de masses atomiques exprimées par $4n + 2$ ou $4n + 3$ (n = nombre entier). Les éléments dont la masse atomique est de la forme $4n$ ne donnent pas le phénomène (cas du carbone, de l'oxygène, etc.). D'où l'idée que ces atomes à nucléons ont leurs noyaux formés de la réunion de noyaux d'atomes d'hélium et de nucléons, les nucléons pouvant être considérés comme des satellites de la masse principale du noyau. Si le satellite n'est pas trop près de cette masse, la particule α, par collision directe, peut communiquer au satellite assez d'énergie cinétique pour lui permettre de s'échapper du système. Les nucléons doivent être plus centraux dans le cas de l'aluminium que dans le cas de l'azote, par conséquent une plus grande quantité d'énergie sera nécessaire pour leur libération.

Dans les pages qui précèdent, la puissance des rayons α, en tant que transporteurs d'énergie, nous a fait assister aux premières transmutations artificiellement provoquées. La découverte des isotopes des éléments usuels résulte de perfectionnements d'un autre ordre de la technique scientifique : la finesse des procédés d'investigation, pour mieux dire d'analyse, envisagée comme une méthode de triage des atomes.

Le triage chimique des atomes repose sur des différences de propriétés chimiques. L'existence possible d'isotopes — c'est-à-dire de corps formés respectivement par des atomes dont la masse diffère d'un isotope à l'autre, sans que les propriétés chimiques en soient modifiées — pressentie à la suite de certains faits de la radioactivité, nécessitait la création d'une méthode d'analyse qui permette de trier les atomes indépendamment de leurs propriétés chimiques et en fonction de leurs masses.

La méthode édifiée dans ce but par Aston avec un remarquable succès tire son origine du procédé d'analyse des gaz par la méthode des rayons positifs, due à

Digitized by Google

sir J.-J. Thomson. Cet auteur, à la suite de ses expériences, avait déjà été amené à penser que le gaz néon, de masse atomique 20,2 devait être un mélange de deux sortes d'atomes, existant dans le gaz en proportions très différentes, et de masses respectivement égales à 20 et à 22 (dans le système O = 16). Il importait cependant, pour préciser ces résultats, et les étendre à d'autres gaz, de créer une méthode précise, permettant de séparer avec netteté les trajectoires d'atomes de masses différentes, et de mettre en évidence les trajectoires sous une forme qui se prête à la détermination exacte des masses correspondantes, en valeurs relatives. Dans l'appareil d'Aston, un mince pinceau de rayons positifs formés dans le gaz à étudier s'engage entre les deux armatures planes et parallèles d'un condensateur chargé qui les dévie de leur direction initiale, d'autant plus vite que les particules correspondantes sont plus légères, d'autant plus lentement qu'elles sont plus lourdes (la charge étant, pour toutes, la même). La trajectoire initiale se trouve ainsi étalée, si les atomes ou les molécules portant les charges ont des masses différentes, en un faisceau de trajectoires inégalement courbes, un peu comme le prisme étale un faisceau de lumière blanche en une infinité de faisceaux diversement colorés. Une portion de cette sorte de spectre matériel, et non plus lumineux, est isolée par un diaphragme et passe entre les pôles circulaires d'un puissant électroaimant, qui crée un champ normal au plan des trajectoires. Sous l'action de ce champ, les trajectoires issues du diaphragme sont courbées à nouveau, conformément aux lois de l'électromagnétisme (action d'un champ sur un courant, ici représenté par une trajectoire), et l'appareil est disposé de façon à ce que cette courbure soit dirigée en sens contraire de la précédente. Dans ces conditions, on peut montrer que les particules ayant une même masse doivent converger en un même point de l'espace, ce qui se manifestera par une trace noire sur une plaque photographique convenablement disposée. S'il y a plusieurs sortes de particules de masses différentes, on obtiendra autant de traces noires que de sortes de particules, c'est-à-dire que la plaque photographique se présentera avec le même aspect qu'un spectre lumineux photographié. L'écart de chaque trace à partir d'une origine déterminée est une fonction simple de la masse des particules correspondantes, d'où le nom de spectres de masses donné à cette sorte de spectre obtenu ainsi, et de spectrographe de masses à l'appareil ainsi conçu.

Lorsqu'on étudie de la sorte le néon, on trouve deux traces, deux lignes spectrales, qui correspondent bien aux masses atomiques 20 et 22 prévues antérieurement. Le dernier corps paraît être dans la proportion de 10 pour 100. La constitution isotopique du néon est donc établie sans aucun doute par ces mesures.

Le chlore, dont la masse atomique nettement fractionnaire pouvait faire penser à une constitution isotopique, donne des résultats du même ordre. Le spectre de masses comprend des traces fortes correspondant aux masses 35, 36, 37, 38 avec d'autres plus faibles à 39 et 40. On n'observe rien qui corresponde à la masse atomique que donnent les mesures chimiques, soit 35,46. Il est vraisemblable que les traces 35 et 37 sont dues à deux éléments chlore isotopes, et les traces 36 et 38 aux gaz chlorhydriques correspondants. En tout cas, le chlore nous apparaît comme étant certainement un élément complexe.

Le fait que les méthodes chimiques conduisent toujours au même résultat s'interprète aisément, car il s'agit toujours de chlore préparé à partir du chlorure de sodium marin, brassé par une longue agitation, et le mélange est homogène.

L'argon apparaît comme un mélange d'isotopes de masses 40 et 36, ce dernier dans la proportion de 3 pour 100.

Le krypton et le xénon donnent des résultats étonnamment complexes. Le premier est formé de six isotopes : 78, 80, 82, 83, 84, 86; le second de cinq : 129, 131, 132, 134, 136.

Les expériences sur le fluorure de bore indiquent que le bore renferme au moins deux isotopes 10 et 11, tandis que le fluor est un élément simple de masse atomique 19.

Le silicium est sans doute un autre élément complexe comprenant deux isotopes, 28 et 29, et peut-être un troisième 30.

Le brome présente un grand intérêt; sa masse atomique de 80 permettait de croire à sa simplicité, il n'en est rien, il est formé en parties égales des deux isotopes 79 et 81.

Le soufre, le phosphore et l'arsenic sont tous apparemment des éléments simples. Le mercure est certainement un mélange; et il est à signaler qu'on a pu récemment effectuer une séparation au moins partielle de ses isotopes, par distillation sous pression réduite. L'iode est un élément simple de masse atomique 127.

Dans l'ensemble, les résultats obtenus jusqu'à présent conduisent à cette conclusion remarquable que, à l'exception de l'hydrogène, de masse atomique 1,008 (dans le système O = 16), les masses atomiques des éléments sont des nombres entiers, au millième près.

Ceci conduit aux plus grandes simplifications dans nos idées sur la matière. L'hypothèse de Prout (1815) sur un constituant commun de tous les corps peut être maintenant reprise, sous une forme un peu différente, qui porte à deux le nombre des constituants de toute matière : le nucléon et l'électron. Et c'est précisément cette manière de voir que viennent de vérifier si brillamment les expériences de Rutherford décrites dans la première partie de cet article.

L. Brüninghaus.
Docteur ès sciences. Professeur agrégé de l'Université.

Digitized by Google

Sur les feuillets magnétiques

Lors de la discussion devant la Société française de Physique et la Société française des Electriciens de la question: « Doit-on donner des noms différents à l'unité de champ magnétique et à l'unité d'induction magnétique? » la « Revue générale de l'Électricité » a publié, dans ses numéros du 18 et du 25 mars 1922, t. XI, p. 382-384 et 424-426, une note de M. A. Liénard concernant, l'une, les feuillets magnétiques, l'autre, les aimants de volume fini et les courants non linéaires. La première de ces notes a donné lieu à quelques observations de M. Brylinski qui ont été publiées dans le numéro du 8 avril, t. XI, p. 490-492. En réponse à ces observations M. Liénard nous a adressé une nouvelle note que sa longueur ne nous avait pas permis de publier à l'époque. On trouvera ci-dessous un extrait de cette note contenant la partie essentielle de la réponse de M. Liénard à M. Brylinski.

I. — Dans une note publiée par la « R. G. E. » du 8 avril, p. 490, M. Brylinski conteste les résultats que j'avais exposés, peu auparavant, au sujet des feuillets magnétiques (*R. G. E.*, 18 mars 1922, p. 382) et il conclut qu'il serait peu prudent de prendre les feuillets pour constituer la base ou un élément fondamental d'une théorie du magnétisme.

M. Brylinski a évidemment rédigé ses observations avant d'avoir eu connaissance de ma seconde note sur les aimants de volume fini (*R. G. E.* du 25 mars): si non, il aurait vu que j'arrive, dans ce cas, aux mêmes résultats essentiels que pour les feuillets. D'ailleurs, pour établir les formules concernant les feuillets, j'étais parti des équations générales du champ magnétique.

II. — En dehors de cette observation générale, je dois répondre à certaines critiques de M. Brylinski, ayant pour but de montrer que ma théorie conduit à des résultats contradictoires.

1. M. Brylinski raisonne (p. 491, 1re colonne, ligne 1 à 13) comme si la matière qui constitue le feuillet était parfaitement donnée. Dans ce cas on aurait nécessairement $\mathfrak{J} = \mathfrak{B} = \mathfrak{H} = 0$ dans tout l'espace. Mais le feuillet a été défini comme aimant *permanent*, conformément à ce que l'on fait toujours en parlant de feuillets. On n'a donc pas le droit d'appliquer la formule $\mathfrak{J} = \varkappa \mathfrak{H}$ qui suppose une aimantation variable avec le champ.

2. Le théorème fondamental auquel il est fait allusion (p. 491, 1re colonne, ligne 14), s'applique au champ $\mathfrak{H}$ et non pas à l'induction.

En effet, l'induction ayant une distribution solénoïdale, l'équation connue $\mathfrak{B} = \mathfrak{H} + 4\pi\mathfrak{J}$ donne

$$(1) \qquad 0 = \operatorname{div}\mathfrak{B} = \operatorname{div}\mathfrak{H} + 4\pi \operatorname{div}\mathfrak{J};$$

$\operatorname{div}\mathfrak{J}$ n'est autre chose que la densité ρ de la distribution *fictive* de magnétisme équivalente à l'aimantation (1). La relation (1) peut s'écrire

$$\operatorname{div}\mathfrak{H} = 4\pi\rho$$

(1) Equivalente pour le champ $\mathfrak{H}$ seulement, mais non pas pour l'induction.

et elle montre que la différence des valeurs du flux du vecteur $\mathfrak{H}$ à travers deux sections différentes d'un tube de force est proportionnelle à la masse de magnétisme fictif contenue entre les deux sections du tube. Le premier membre de l'équation $\mathfrak{B}\,dS = 4\pi Q$ doit donc être remplacé par $\mathfrak{H}\,dS$, ce qui supprime toute difficulté (1).

La confusion a sans doute pour origine la fausse analogie entre l'induction magnétique et l'induction électrique. Or, en fait d'analogie qui ne se réduise pas à une pure similitude de formules, mais qui corresponde à une réalité physique profonde entre le magnétisme et l'électricité, il n'en existe qu'avec l'électricité dynamique, mais pas avec l'électricité statique.

3. La difficulté soulevée page 241, 2e colonne, se résoud comme la précédente. En outre, je ferai remarquer que le tracé des lignes de force ne coïncide avec celui des lignes d'induction que dans le milieu magnétique entourant le feuillet. A l'intérieur, les vecteurs $\mathfrak{B}$ et $\mathfrak{H}$ n'ont plus même direction. Le vecteur $\mathfrak{H}$, égal à $-4\pi\dfrac{\mathfrak{B}}{\mu_0}\mathfrak{J}$ est normal aux faces du feuillet comme $\mathfrak{J}$. L'induction a une direction quelconque et si, en particulier, le milieu extérieur est le vide, les lignes d'induction constituent simplement le prolongement à l'intérieur des lignes d'induction ou lignes de force extérieures.

A. Liénard,
Inspecteur général des Mines.
Sous-directeur de l'Ecole des Mines.

(1) Si le milieu extérieur au feuillet est homogène ρ est nul partout, sauf sur les faces du feuillet où la densité superficielle *fictive* équivalente est $\pm\mathfrak{J}$. Si le milieu n'est pas homogène, on a $\rho = -\operatorname{div}\mathfrak{J} = -\operatorname{div}\dfrac{\mu-1}{4\pi\mu}\mathfrak{B} = -\left(\mathfrak{B},\ \operatorname{grad}\dfrac{\mu-1}{4\pi\mu}\right)$. Par suite de l'existence de ce terme ρ, le flux du vecteur $\mathfrak{H}$ ne se conserve pas dans un tube de force contrairement à celui du vecteur $\mathfrak{B}$.

Digitized by Google

Revues, analyses et informations

Recherches oscillographiques sur les champs magnétiques et les forces électromotrices induites des moteurs d'induction (1).

Conditions d'exécution des essais. — La machine soumise aux essais est un moteur triphasé asynchrone Siemens Schuckert ayant les caractéristiques suivantes :

Puissance, 1 ch; nombre de pôles, 4; tension, 120 v; fréquence, 50 p : s; nombre d'encoches du stator, 24; nombre de conducteurs par encoche, 64; résistance par phase, 1,65 ohm. On a utilisé pour les essais un rotor spécial feuilleté et dépourvu d'encoches laissant un entrefer de 0,3 mm sur lequel fut fixé un fil d'argent fin dont les extrémités étaient reliées

Fig 1. — Dimensions des encoches du stator.

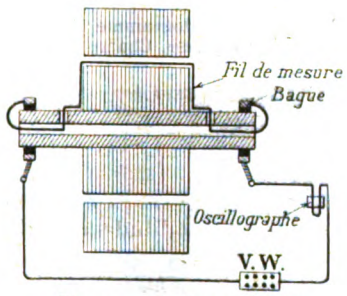


Fig. 2. — Rotor auxiliaire avec fil de mesure.

au circuit de l'oscillographe par deux bagues placées aux deux extrémités de l'arbre du rotor (fig. 1 et 2). Toutes les observations ont été faites avec l'oscillographe Siemens et Halske.

Mesure de champs stationnaires a courant continu. — Les différentes phases du stator étant alimentées par du courant continu et le rotor tournant à vitesse uniforme, les forces électromotrices induites dans le fil de mesure sont proportionnelles à l'intensité du champ pour chaque point. Les courbes oscillographiques de la variation de la force électromotrice induite représentent donc également la répartition du champ. Le schéma des connexions réalisé est représenté figure 3. Pour la prise des oscillogrammes, le rotor est mis en rotation à l'aide d'un moteur auxiliaire, ainsi que le tambour de l'oscillographe. La vitesse de ce dernier est réglée de façon à obtenir une image stationnaire de la courbe oscillographique qui est alors photographiée; cette condition est remplie quand les vitesses des deux moteurs sont dans un rapport simple.

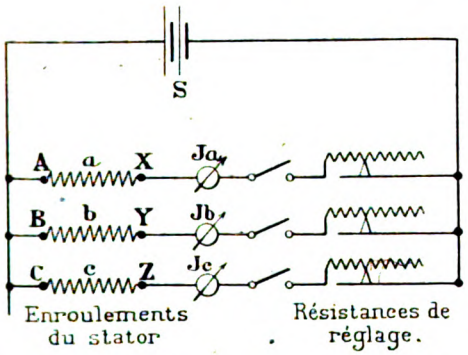
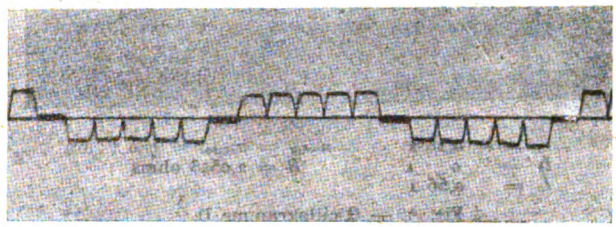


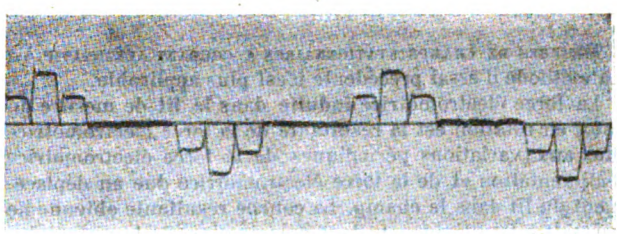
Fig. 3. — Schéma des connexions pour l'excitation du stator par du courant continu.



I_a = 1,70 A n_{rotor} = 1 400 t : mn
I_b = 0 A n_{stator} = 700 t : mn
I_c = 0 A R = 3,0543 ohms.

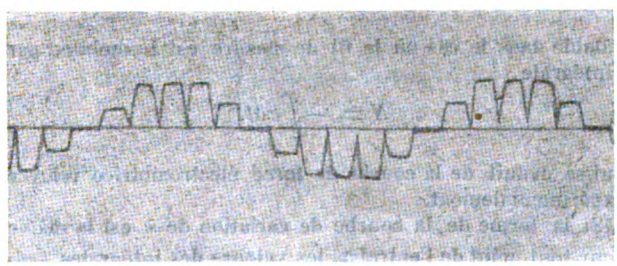
R étant la résistance ohmique totale dans le circuit de l'oscillogramme.

Fig. 4. — Oscillogramme A. Les lettres I_a, I_b, I_c représentent les intensités des courants traversant les ampèremètres J_a, J_b et J_c de la figure 3.



I_a = 1,70 A n_{rotor} = 1 400 t : mn
I_b = 1,70 A n_{stator} = 700 t : mn
I_c = 0 A R = 3,0542 ohms

Fig. 5. — Oscillogramme B.



I_a = 1,70 A
I_b = — 1,70 A } Points B et Y alternés.
I_c = 0 A
n_{rotor} = 1 400 t : mn
n_{stator} = 700 t : mn
R = 3,0543 ohms.

Fig. 6. — Oscillogramme C.

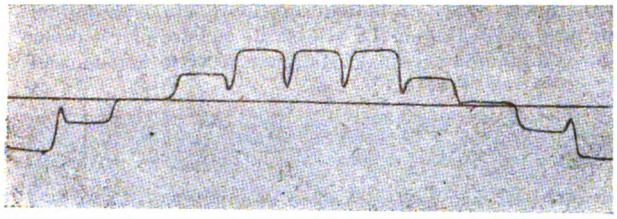
Les figures 4, 5, 6, représentent les oscillogrammes obtenus dans des conditions d'excitation différentes. L'oscillo-

(1) Wilhelm Stiel. *E. T. Z.*, 16 et 23 février 1922, t. XLIII, p. 208-212 et 246-251, 10500 mots, 35 figures, 1 table.

Digitized by Google

gramme figure 7, obtenu avec un appareil plus sensible, correspond à une répartition de l'excitation analogue à celle de la figure 6.

Ces courbes font ressortir nettement l'influence des encoches du stator au regard desquelles l'induction se réduit presqu'à zéro. A chacune d'elles, correspond une entaille dans



$I_a = -0{,}56$ A $\quad n_{rotor} = n_{stator} = 700$ t : mn
$I_b = 0$ A $\quad R = 2{,}0543$ ohms
$I_c = 0{,}56$ A

Fig. 7. — Oscillogramme D.

la courbe du champ sans que la forme générale de celle-ci soit d'ailleurs notablement influencée (en négligeant toutefois la réduction des ordonnées due à l'accroissement corrélatif de l'induction dans les dents). D'autre part, l'influence de la répartition et de la valeur des ampères-tours d'excitation est remarquable par les variations brusques correspondant aux points où ont lieu les variations brusques de la force magnétomotrice.

Mesures de champs stationnaires a courant alternatif. — La méthode d'essai précédente n'est plus applicable.

La force électromotrice induite dans le fil de mesure du rotor en rotation est la résultante de la force électromotrice due aux variations périodiques de la force électromotrice d'alimentation et de la force électromotrice due au déplacement du fil dans le champ. La courbe résultante obtenue ne permettrait pratiquement la détermination de la répartition de l'induction B que dans le cas d'une variation purement sinusoïdale de celle-ci dans le temps et dans l'espace. Par contre, le flux N se déduit immédiatement de la relation

$$e = -\frac{dN}{dt},$$

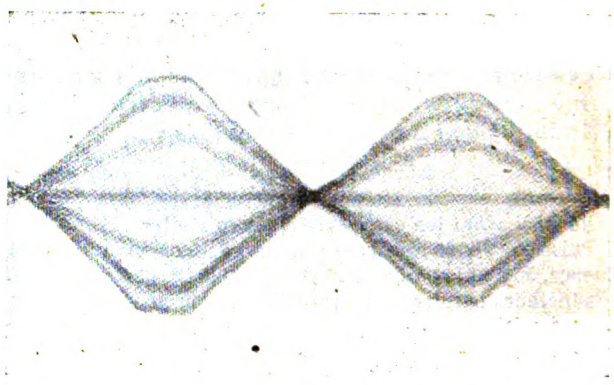
valable dans le cas où le fil de mesure est immobile, par l'intégrale

$$N = -\int e\,dt,$$

qui se déduit de la courbe de force électromotrice relevée expérimentalement.

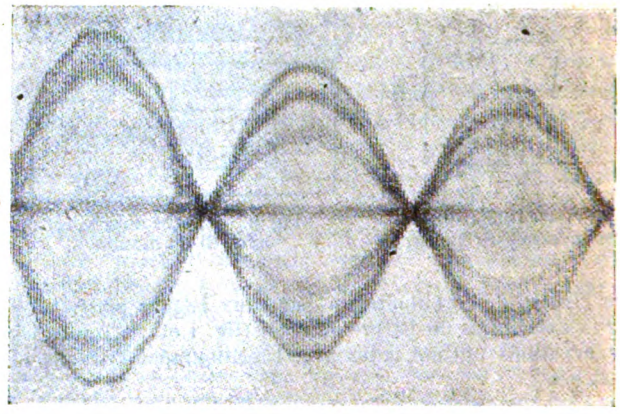
Si la forme de la courbe de variation de e est la même pour tout point de l'entrefer, les valeurs des intégrales $\int e dt$ aux différents points de l'entrefer correspondent à chaque instant t aux ordonnées e à cet instant. Si l'on choisit pour t l'instant où le champ est maximum, la courbe des ordonnées maxima des courbes des forces électromotrices induites dans différents fils de mesure fixes répartis sur le rotor, représente les flux maxima traversant les sections axiales du rotor définies par les positions de ces fils. De même, les courbes d'autres ordonnées correspondantes représentent la répartition des flux à des instants quelconques. La répartition le long de l'entrefer de l'induction B est donnée en différentiant les courbes de flux.

Au point de vue expérimental, il suffit de faire tourner le rotor, muni comme précédemment d'un fil de mesure, pour



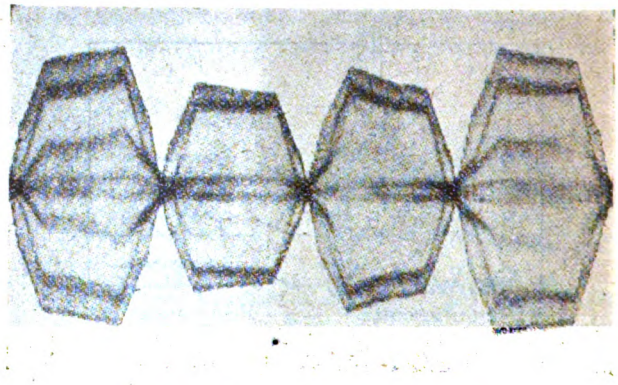
$E_p = 116{,}5$ V, $i_a = 1{,}85$ A, $i_b = 0$, $i_c = 0$.

Fig. 8. — Oscillogramme E Courbe de flux avec excitation sur 1 phase. Champ correspondant à la figure 4.



$E_p = 120{,}3$ V, $i_a + i_b = 2{,}53$ A, $i = 0$.

Fig. 9. — Oscillogramme F. Flux avec excitation sur 2 phases. Champ correspondant à la figure 6.



$E_p = 114{,}7$ V, $i_a + i_c = 9{,}0$ A, $i_b = 0$.

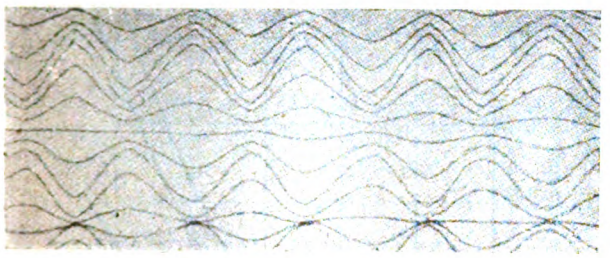
Fig. 10. — Oscillogramme G. Champ correspondant à la figure 5.

avoir immédiatement la courbe des flux maxima. Les courbes des forces électromotrices e se traduisent par des triangles très serrés, dont la ligne des sommets fournit la courbe des flux maxima.

Digitized by Google

Les oscillogrammes obtenus sont représentés figures 8, 9, 10 et correspondent à des conditions d'excitation analogues à celles des figures 4, 5, 6. Il ressort de ces oscillogrammes que les courbes intégrales 8 à 10, correspondent très nettement aux courbes différentielles 4 à 6. A chaque entaille de celles-ci due aux encoches, il est possible d'observer la diminution correspondante de l'inclinaison de la courbe intégrale. Ces constatations prouvent que les courbes des champs continus ou alternatifs sont les mêmes.

L'oscillogramme 11 a été obtenu avec une rotation plus rapide du tambour de l'oscillographe et en faisant tourner lentement la lame vibrante de l'oscillographe de façon à faire



E_p = 107 v, Fréquence = 50 p : s, $n_{rotor} \cong$ 0,6 p : s,
I_a = 1,48 A, I_b = 0, I_c = 0.

Fig. 11. — Oscillogramme H. Courbe périodique de la force électromotrice obtenue par déplacement continu du fil de mesure dans le champ correspondant à la figure 4.

décrire à la ligne zéro une hélice sur le tambour. On obtient ainsi, d'une façon claire, la courbe de la force électromagnétique dont l'examen permet de justifier l'hypothèse précédente de la constance de la forme de cette courbe en tous points de l'entrefer.

Mesures de champs tournants triphasés. — Il y a lieu tout d'abord de définir la « vitesse de rotation » d'un champ tournant. La relation générale

$$v = \frac{ds}{dt}$$

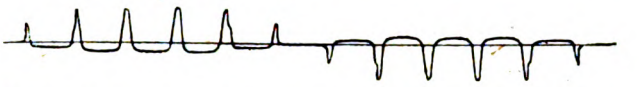
ne s'applique qu'à un point isolé en mouvement Dans un mobile indéformable en rotation, ce mouvement d'un point définit celui du mobile et pour un champ tournant de forme constante, la vitesse serait définie par celle d'un point quelconque de ce champ. Un tel champ de forme constante est réalisé par la rotation d'aimants ou d'inducteurs dans un espace magnétique homogène. Par contre, le champ produit par un enroulement triphasé ne peut, à proprement parler, être appelé « champ tournant ». Un tel champ est en réalité fixe et d'intensité variable, avec le temps en ses différents points. Ce qui se déplace n'est qu'une figure géométrique, qui n'est autre que l'enveloppe des lignes représentatives de l'induction aux différents points à un instant donné. Cette figure subit elle-même des modifications dans son déplacement de sorte qu'on ne peut définir qu'une vitesse angulaire moyenne qui serait donnée par

$$\omega = \frac{d\alpha}{dt},$$

où α représente l'angle séparant deux points, pour lesquels la figure du champ possède la même forme et t, le temps nécessaire pour décrire cet angle.

Etant donné qu'un champ triphasé ne diffère pas d'un champ alternatif simple dont la forme est la même que celle du champ continu correspondant, la forme de ce champ triphasé doit être la même également que celle du champ continu. La vérification expérimentale présente de grandes difficultés. Il peut y être procédé par étapes de la façon suivante :

1° Le rotor, avec son fil de mesure, tournant en synchronisme avec le « champ tournant », la force électromotrice



E_p = 100,0 v, v = 46,5, n_{rotor} = 1 395 t : mn (synchronisme)
R = 3,0543 ohms n_{stator} = 1 395 t : mn

Fig. 12. — Force électromotrice dans le fil de mesure, le rotor tournant au synchronisme.

induite dans le fil de mesure peut alors seulement provenir de l'influence des encoches du stator ou des différences entre la vitesse uniforme du rotor et celle variée du champ tournant. La figure 12 représente un oscillogramme ainsi obtenu qui correspond très sensiblement à la courbe du champ continu sous les encoches (fig. 13).

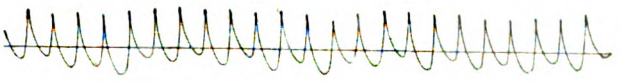
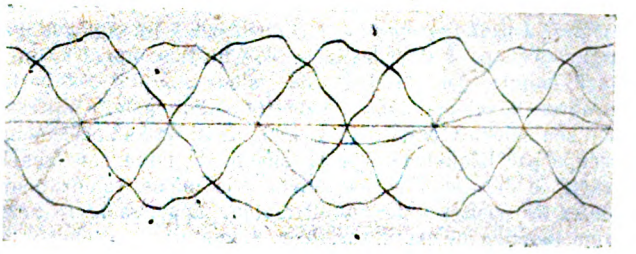


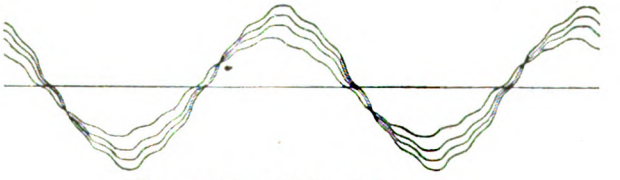
Fig. 13. — Courbe des champs d'encoche du stator.

2° Le rotor étant fixe les figures 14 et 15 montrent que l'action du champ triphasé sur le fil de mesure est bien la même que celle d'un champ monophasé de même intensité.



E_p = 110 v, v = 50, R = 3,0543 ohms.
Courbe de force électromotrice d'excitation

Fig. 14. — Force électromotrice avec fil de mesure immobile. Position devant les encoches 2, 5, 8 et 11 du stator.



E_p = 120,2, 106,6, 92,0, 72,6 v.
Fréquence 50 p : s

Fig. 15. — Courbe de la force électromotrice d'excitation.

L'oscillogramme 14 montre que la force électromotrice induite correspond très sensiblement à la courbe de la force électromotrice primaire et non à celle en escalier du champ tournant.

3° Le rotor, tournant avec une vitesse différente du syn-

Digitized by Google

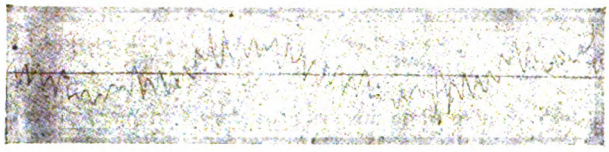
chronisme, le fil de mesure est soumis à deux forces électromotrices induites :

a) Une force électromotrice semblable à celle obtenue dans l'expérience précédente (force électromotrice de transformation) dont la courbe correspond à la force électromotrice primaire.

b) Une force électromotrice due au mouvement dans le champ en escalier, formé par les encoches dont la courbe correspond à celle obtenue avec les champs à courant continu.

L'oscillogramme, figure 16, montre le résultat obtenu par la superposition de ces deux forces électromotrices.

Il résulte de ces expériences que les champs produits par



$E_p = 111{,}5$ v, $v = 51{,}5$, $n_{rotor} = 1\,030$ t : mn
$R = 3{,}0543$ ohms, $n_{stator} = 515$ t : mn

Fig. 16. — Force électromotrice dans le fil de mesure en rotation.

les courants triphasés ne se différencient pas sensiblement de ceux produits par les courants monophasés ou continus. Quel que soit le mode d'excitation, la nature du champ reste la même.

A. R.

Comment on peut changer la graduation des appareils de mesure (1).

1. Facteurs dont dépend la graduation. — A. *Couple moteur. Lois de variation.* — Considérons un appareil de mesures et, pour fixer les idées, soit un instrument à équipage mobile. La grandeur, de valeur x, qu'il s'agit de mesurer, développe dans le cadre un couple moteur qui est, non seulement fonction de x, mais aussi de l'emplacement occupé par l'équipage, car le champ de force sur lequel réagit ce dernier n'a pas toujours la même valeur pour toutes les positions. Le couple moteur, appelons-le D_m, est donc fonction de deux variables. L'une est x, grandeur à mesurer; l'autre est la position φ, c'est un arc compté à partir d'une position prise pour origine.

Pour analyser de plus près les variations du couple moteur on peut l'étudier successivement en fonction de l'une des deux variables seulement, l'autre étant maintenue constante. Premièrement, si l'on donne à φ par exemple la valeur fixe zéro degré, et qu'on fasse varier x, qui est ici l'intensité) I, on obtient la courbe

$$D_m = F(I) \quad \text{pour } \varphi = \text{zéro}$$

et on obtiendrait semblablement les courbes

$$D_m = F_{34°}(I), \quad \text{pour } \varphi = 34°,$$
$$D_m = F_{67°}(I), \quad \text{pour } \varphi = 67°,$$

qui sont représentées figure 1. Deuxièmement, si on maintient I à la valeur invariable 5 A pendant qu'on donne au cadre différentes positions, on obtient la courbe

$$D_m = f_5(\varphi), \quad \text{pour } I = 5 \text{ A},$$

et on obtiendrait de même les courbes

$$D_m = f_{10}(\varphi), \quad \text{pour } I = 10 \text{ A},$$
$$D_m = f_{15}(\varphi), \quad \text{pour } I = 15 \text{ A}, \text{ etc., etc.}$$

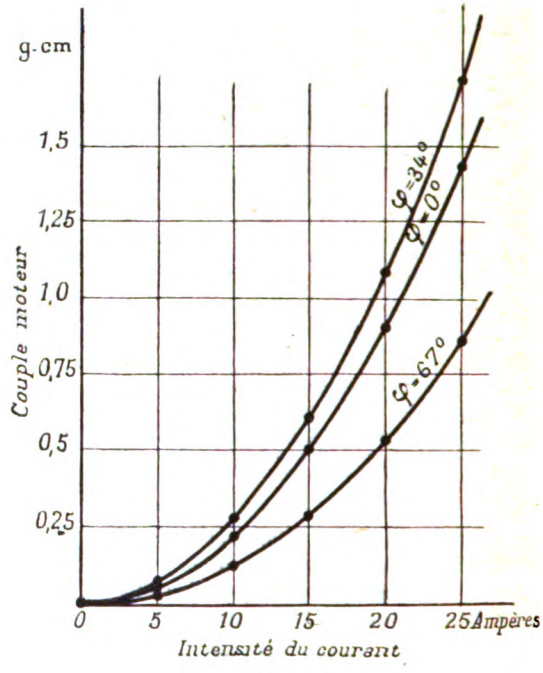


Fig. 1.

représentées figure 2. (Elles ont été relevées sur un appareil où la loi de variation en fonction de x est de la forme $D_m = kx^2$.

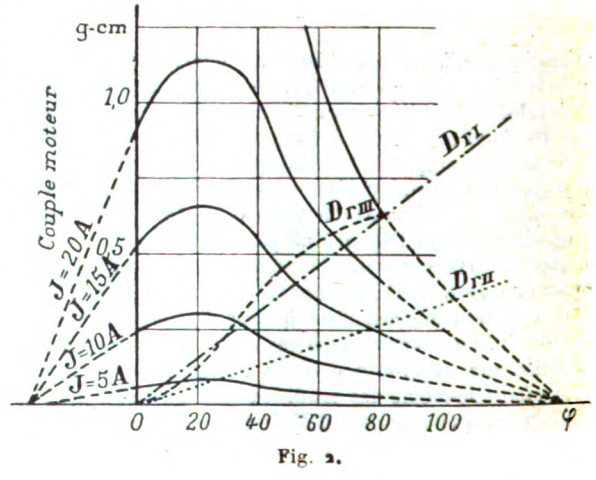


Fig. 2.

On remarque que toutes ces courbes $D_m = f(\varphi)$ se coupent en deux points de l'axe des abscisses situés à 180° l'un de l'autre. Ce caractère est, naturellement, particulier à tous les appareils où le champ agit d'une façon inverse sur le cadre mobile, quand ce dernier tourne de 180°.

(1) A. Imhof. *Bulletin de l'Association suisse des Electriciens*, mai 1921, t. XII, p. 117-123, 3 000 mots, 7 fig.

Digitized by Google

B. *Couple résistant.* — La déviation de l'équipage soumis à la grandeur à mesurer x est limitée par l'action d'un organe de rappel (fil de torsion, ressort spiral, masse pesante, etc.) opposant au couple moteur un couple résistant D_r qui croit avec φ. (Voir courbes $D_r = \psi(\varphi)$ en I et II, fig. 2.)

C. *Courbe de graduation.* — L'arrêt de l'équipage a lieu pour la position où D_r devient égal à D_m. Si on se reporte aux courbes de D_r et de D_m en fonction de φ, cette position d'équilibre est indiquée par la valeur de φ qui correspond à la même ordonnée sur chacune des courbes, c'est-à-dire par le point de rencontre des deux courbes

$$D_m = f_x(\varphi),$$
$$D_r = \psi(\varphi).$$

Pour chaque valeur x, on détermine ainsi la position d'équilibre; c'est le φ qui correspond au point d'intersection précédent. C'est ainsi qu'on obtient la courbe.

$$\varphi = F'(x)$$

qui est la courbe de graduation de l'appareil (fig. 3).

C'est la forme de cette courbe que les fabricants cherchent fréquemment à modifier en vue d'applications particulières,

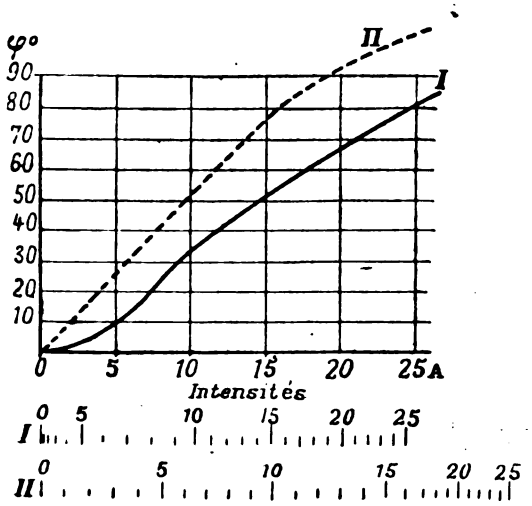


Fig. 3.

soit pour que les degrés de l'échelle soient réguliers, soit au contraire pour qu'ils soient plus espacés au début, au milieu ou à la fin.

Or, si on ne peut modifier les courbes

$$D_m = F(x),$$

parce qu'elles expriment une loi physique, on peut, au contraire, modifier les courbes

$$D_m = f(\varphi),$$

et

$$D_r = \psi(\varphi),$$

qui dépendent de la construction de l'appareil.

2. Remarques sur les changements qu'on peut faire subir a la courbe de graduation. — Des considérations qui précèdent on déduit facilement les conditions suivantes :

a) La longueur et la forme de graduation varient si on modifie le système de rappel (c'est-à-dire la loi de variation de D_r en fonction de φ). Mais la forme ne varie pas si les courbes

$$D_m = f(\varphi)$$

sont parallèles à l'axe des φ. En général, une diminution du couple résistant D_r, si la fonction

$$D_m = F(x)$$

est quadratique, produit un relèvement du début de la courbe de graduation, c'est-à-dire un allongement de la graduation (Voir I, fig. 3).

b) *Déplacement du zéro.* — L'allure de la courbe de graduation change notablement si on déplace l'axe des ordonnées de la courbe

$$D_m = f(\varphi),$$

en d'autres termes, si on place l'équipage en d'autres régions du champ, c'est-à-dire si on déplace le zéro.

c) *Graduation proportionnelle.* — Si on trace sur les courbes

$$D_m = f(\varphi)$$

des ordonnées équidistantes (voir fig. 2), leurs points de rencontre avec les courbes correspondant à des x également équidistants sont les points de la courbe

$$D_r = \psi(\varphi)$$

nécessaire pour obtenir une graduation proportionnelle à x.

d) *Cas des appareils d'induction.* — La figure 4 correspond

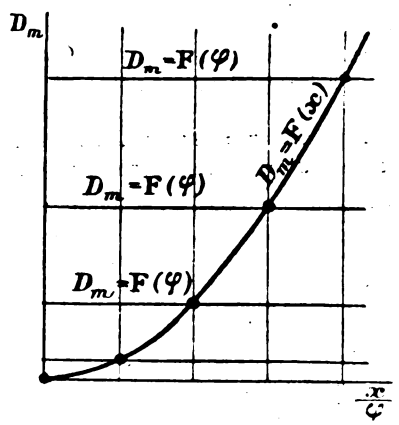


Fig. 4.

aux courbes relatives à un appareil d'induction. La courbe

$$D_m = F(x)$$

est une parabole, la même pour tous les φ, car les courbes

$$D_m = f(\varphi)$$

sont toutes des droites parallèles à l'axe des φ (autrement

Digitized by Google

dit, φ n'a aucune influence sur D_m). On pourrait nommer « appareils moteurs » les appareils présentant cette particularité, car, en l'absence de l'organe de rappel, la partie mobile tourne indéfiniment. Les déviations des équipages de ces appareils peuvent être aussi grandes qu'on le désire tant qu'on peut réduire le couple D_r. C'est pourquoi ils peuvent donner des déviations de 270° et plus, alors que les plus grandes déviations des autres appareils n'excèdent pas 90°.

e) Quand les courbes

$$D_m = f(\varphi),$$

sont des droites parallèles à l'axe des φ, si on change le couple D_r tout en le laissant proportionnel à φ, le caractère de la graduation ne change pas.

f) Si les courbes

$$D_m = f(\varphi),$$

sont des droites parallèles à l'axe des φ, il faut, si l'on veut une graduation proportionnelle, que la courbe

$$D_r = \psi(\varphi)$$

se confonde avec la courbe

$$D_m = F(x)$$

(se reporter plus haut, en *c*.)

Citons encore une autre méthode intéressante pour faire varier le caractère de la graduation. Elle consiste à ne faire agir sur l'appareil qu'une fraction, variable suivant une certaine loi, de la grandeur à mesurer.

D'autres considérations peuvent encore être déduites de l'examen des courbes précédentes et aussi de l'analyse de l'influence du frottement. Exemple, ce qui concerne le choix du zéro, la fixité de la position de ce dernier, etc., etc.

Conclusion. — On n'a pas encore l'habitude de calculer industriellement des appareils de mesure, comme on le fait pour les machines. Cela tient à la fausse idée que la petitesse des phénomènes mis en jeu dans les premiers échappe au calcul, et aussi à ce que l'expérimentation directe est facile et peu coûteuse. Les considérations du présent travail tendent à redresser cette opinion. — L. C.

La décharge sans électrodes dans certaines vapeurs (1).

La décharge sans électrodes présente un intérêt particulier, en ce qui concerne les vapeurs des métaux volatils, car elle constitue la source de lumière qui se prête le mieux à l'étude du spectre d'arc de ces métaux dans le vide, et, d'autre part, au point de vue des corps à vapeurs diatomiques, comme l'iode, elle permet de suivre les changements que la dissociation apporte au spectre d'émission.

Le dispositif employé par l'auteur différait peu de celui initialement utilisé par S.-J. Thomson. Un ballon de 12 cm de diamètre était suspendu à l'intérieur d'une bobine plate constituée par six tours de gros fil de cuivre, et traversée par la décharge oscillante de deux jarres connectées comme l'indique la figure (chacune ayant une capacité de 5.10^2 à 7.10^2 unités électrostatiques). Un vide de 2 à 4 mm existait entre les parois externes du ballon et la spire interne de la bobine. On chargeait les jarres, soit avec une bobine d'induction, soit au moyen d'un transformateur T.

(1) J.-K Robertson. *Physical Review*, mai 1922, t. XIX, p. 470-477, 2 600 mots, 3 figures.

Pour mettre l'appareil en fonctionnement, on vide soigneusement le ballon, en s'aidant du chauffage pour obtenir le dégagement total des gaz, on introduit alors par distillation la substance à étudier et on ferme le ballon à la lampe. On dispose alors le ballon à l'intérieur de la bobine, le tout

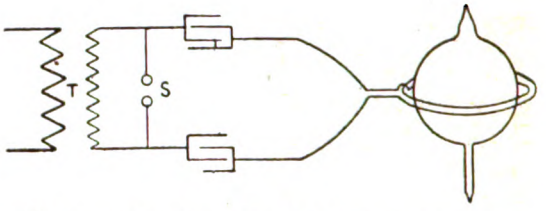


Fig. 1. — Obtention de la décharge sans électrodes.

pouvant d'ailleurs être plongé dans un four permettant d'élever la température jusqu'à 500°C. Le fonctionnement de l'appareil donne lieu, à l'intérieur du ballon, à une décharge en anneau,

D'une façon générale, les effets obtenus avec ce dispositif sont fonction de la pression de vapeur du corps simple étudié. — qui dépend elle-même de la température, — et de la force électromotrice, contrôlée par l'intervalle d'air de l'éclateur à étincelle S. On observe d'ordinaire que, dans un certain domaine de pressions, on obtient une intense décharge en anneau, dont l'éclat décroit et se transforme en une luminosité faible pour des pressions plus élevées.

Le *potassium*, à une température de 250-300°C, donne un brillant anneau, avec un spectre comprenant au moins sept membres de chaque série secondaire.

La brillante décharge jaune qui apparaît dans les vapeurs de *sodium* au-dessus de 300° comprend les lignes D, quatre membres de la série diffuse et trois de la série étroite.

Avec le *lithium*, même à 500°, on ne put obtenir qu'une faible lueur due à des impuretés.

Dans le cas du *mercure*, les résultats dus à Kowalski ont été confirmés et étendus. Une décharge en anneau, blanche et éblouissante, apparaît de 70 à 110° ou au-dessus selon l'intervalle d'air de l'éclateur; puis elle s'affaiblit, tandis qu'une faible lueur verdâtre la remplace, entre 110° et 115°, quel que soit l'intervalle de l'éclateur : dans le spectre de cette lueur, on remarque quelques lignes brillantes superposées à une bande continue qui s'étend du jaune au violet. L'auteur suggère que cette lueur peut être associée à l'existence de molécules polyatomiques qui se formeraient lorsque la pression de vapeur est assez élevée.

Dans le cas de l'*iode*, la seule vapeur diatomique étudiée, pour des températures comprises entre — 5° et + 5°, on observe un anneau jaune pâle à spectre de bandes qui, par allongement de la coupure de l'éclateur, se transforme en un anneau vert bordé de rose à spectre de lignes ; le spectre de lignes est excité par une force électromotrice d'autant plus grande que la pression de vapeur est elle-même plus élevée. Il est probable que ce changement spectral correspond à une dissociation des molécules en atomes.

On peut, pour conclure, recommander ce mode de décharge sans électrodes pour l'obtention de lignes étroites, propres, par conséquent, à des mesures précises de longueurs d'onde, et permettant en particulier de distinguer les composantes d'une même ligne, dues à l'existence d'isotopes. Naturellement, un appareil de haute dispersion serait alors néeessaire. — L. B.

Digitized by Google

SECTION INDUSTRIELLE

La vérification des connexions des compteurs à haute tension

Dans un article paru dans la « Revue générale de l'Electricité » du 29 juillet 1922, t. XII, p. 137-146, M. Scoumanne a présenté une étude complète de la vérification des connexions des compteurs branchés sur la haute tension par l'intermédiaire de transformateurs d'intensité et de tension. Dans le présent travail l'auteur expose une méthode très simple permettant de trouver et de corriger une erreur éventuelle dans le montage de ces compteurs (1).

I. **Essai principal de vérification.** — Nous supposerons, dans ce qui suit, que les deux éléments wattmétriques du compteur fournissent bien des couples respectivement proportionnels à

$$UI\sqrt{3}\cos(\varphi - 30^\circ);$$
$$UI\sqrt{3}\cos(\varphi + 30^\circ).$$

Dans ces expressions U désigne la tension composée, et I l'intensité dans les phases.

Nous supposerons, de plus, que les transformateurs de tension et d'intensité sont exacts et en bon état, ainsi que l'isolation des conducteurs formant connexions entre les appareils.

Le compteur étant branché, on procédera aux essais de la façon suivante :

1° Tout d'abord, il y a lieu de s'assurer qu'il n'y a pas de fusibles fondus sur les circuits de tension, en contrôlant, à l'aide d'une lampe ou d'un voltmètre, que l'on a bien la même tension entre les trois fils correspondants pris successivement deux à deux.

2° On s'assurera également que le point commun des circuits de tension, sur le compteur, correspond bien aux deux bornes basse tension qui, sur les transformateurs de tension, correspondent elles-mêmes à la phase haute tension commune à ces appareils.

Les pôles communs des transformateurs de tension et d'intensité devant être mis à la terre pour éviter les charges statiques, on commencera par s'assurer que cela est fait, puis on débranchera sur le compteur les trois fils de tension et, à l'aide d'une lampe ou d'un voltmètre, on déterminera le fil qui est à la terre, lequel doit être le fil commun de tension.

3° En se reportant aux calculs de M. Scoumanne on voit que, ces essais terminés, le compteur ne peut marquer, quelles que soient les erreurs de montage, que les valeurs suivantes :

0.....	si les fils de tension sont croisés,
$UI\sqrt{3}\cos\varphi$.	si les connexions sont exactes,
$UI\sin\varphi$...	si les fils de tension sont correctement branchés et si une bobine d'intensité est inversée,
$-UI\sin\varphi$...	
$2UI\sin\varphi$...	si les fils de tension sont croisés et si une bobine d'intensité est inversée.
$-2UI\sin\varphi$...	

On charge alors le compteur, autant qu'il est possible, et on procède aux opérations suivantes qui diffèrent suivant le cas dans lequel on se trouve :

a) *Le compteur ne tourne pas ou tourne à une vitesse très faible ;* il suffit alors de croiser les fils extrêmes de tension pour le remettre en bonne marche.

b) *Le compteur tourne à l'envers, à une vitesse notable ;* mesurer sa vitesse, puis croiser les fils extrêmes de tension et mesurer la nouvelle vitesse.

S'il tourne à une vitesse double de la précédente, il faut mettre en place les fils que l'on vient de croiser et inverser le sens du courant dans la bobine d'intensité dont l'inversion fera tourner le compteur à l'endroit (l'autre bobine inversée le ferait tourner à l'envers).

S'il tourne, au contraire, à une vitesse qui est la moitié de la précédente, on doit laisser les fils de tension croisés et, de plus, inverser le sens du courant dans la bobine d'intensité qui par cette manœuvre fera tourner le compteur à l'endroit.

c) *Le compteur tourne à l'endroit, à une vitesse notable.* Comme précédemment, on croise les fils extrêmes de tension.

Si le compteur s'arrête, le montage était exact ; il faut remettre les connexions telles qu'elles étaient.

S'il tourne à une vitesse double de celle que l'on avait avant l'essai ; il faut remettre en place les fils de tension et inverser le courant dans la bobine d'intensité

(1) Postérieurement à l'envoi de cette note, dans le numéro du 19 août 1922, M. Noir de Chazournes a montré qu'il avait, dès 1914, utilisé cette méthode dont l'idée première lui revient ainsi, sans conteste. Notre note contenant toutefois certains développements particuliers, nous avons cru devoir la laisser paraître.

Digitized by Google

qui continue, après inversion, à le faire tourner à l'endroit (l'autre le ferait tourner à l'envers).

S'il tourne à une vitesse moitié, il faut cette fois laisser les fils de tension croisés et inverser la bobine d'intensité qui, après inversion, continue à faire tourner le compteur à l'endroit.

Remarque. — L'essai d'inversion des tensions doit être fait en charge. En effet, à vide ou à faible charge, ce qui correspond à un cos φ très bas, les vitesses sont faibles, les conditions d'exactitude des éléments wattmétriques du compteur et celles des transformateurs d'intensité sont insuffisantes, et le croisement des fils peut ne pas apporter de changement appréciable, le compteur continuant à tourner à une vitesse de l'ordre de celle qu'il avait avant l'opération.

Cependant un compteur très bien réglé s'arrête encore et cet essai, insuffisant pour une vérification, peut, constituer un critérium du bon réglage des deux éléments wattmétriques du compteur.

A forte charge, une très faible vitesse de rotation du disque, après croisement des tensions, n'empêche pas de reconnaître le compteur comme exact, parce que la vitesse double ou la vitesse moitié sont très éloignées de cette faible vitesse ; on les distingue nettement.

II. **Contrôles complémentaires.** — Ces vérifications étant faites, le compteur est branché correctement. Les manœuvres suivantes permettent un contrôle complémentaire. On supprime la charge du transformateur, puis on débranche successivement l'un et l'autre des fils extrêmes de tension du compteur. Le compteur doit, dans l'un des cas, tourner à l'envers et, dans l'autre, à l'endroit.

Une mesure de la puissance absorbée par le transformateur à vide, mesure faite à l'aide du compteur, constituera, en outre, un dernier contrôle.

III. **Cas particulier où cos $\varphi = 0{,}75$.** — On a $2 \sin \varphi = \sqrt{3} \cos \varphi$, pour $\cos \varphi = 0{,}75$, c'est-à-dire pour une valeur courante du facteur de puissance. Il en résulte qu'un compteur mal connecté et enregistrant proportionnellement à $2\,UI \sin \varphi$, sera sensiblement exact si le facteur de puissance est voisin de 0,75, ce qui peut porter à le croire correctement connecté. Mais, dans ce cas, sur le transformateur à vide (cos φ voisin de 0,2), le compteur, enregistrant une énergie proportionnelle à $2\,UI \sin \varphi$, tournera plus de 5 fois trop vite et l'erreur sera manifeste.

IV. **Remarques générales sur le montage des compteurs.** — Nous croyons devoir, en terminant, attirer l'attention sur les points suivants, trop souvent négligés dans les montages de compteurs haute tension.

Transformateurs de tension. — Si on emploie des coupe-circuits sur la basse tension des transformateurs de tension (quoique, à notre avis, il soit préférable de n'en pas mettre), il faut adopter un modèle présentant de bons contacts et pour cela choisir un modèle robuste, construit au moins pour 10 A.

Les transformateurs de tension seront toujours placés en amont des transformateurs d'intensité pour que le compteur enregistre la consommation de ces derniers transformateurs.

Transformateurs d'intensité. — Ces appareils ne doivent jamais comporter de coupe-circuit.

Conducteurs de connexions. — Il faut toujours éviter les fils communs et placer les conducteurs deux par deux, sous tubes ; on ne doit jamais employer de conducteurs comportant des épissures et il est bon de leur donner des couleurs différentes, afin de les reconnaître aisément.

D'autre part, il est avantageux de donner aux fils venant des transformateurs d'intensité une section d'au moins 10 mm² et de les constituer par du câble, moins sujet aux ruptures que le fil. Il faut enfin réduire le plus possible les longueurs de tous les fils, notamment ceux qui viennent des transformateurs d'intensité.

V. **Montages d'essais.** — Toute personne qui s'occupe d'étalonnages de compteurs a certainement remarqué le peu de commodités présentées par ces appareils pour l'insertion, dans leur circuit, des wattmètres de contrôle. Indépendamment des dangers de court-circuit, de contacts désagréables pour l'opérateur, on est, après un certain nombre de mesures, fort exposé à des ruptures de conducteurs.

Il serait intéressant que les constructeurs de compteurs de gros calibres pour force motrice étudient des appareils sur lesquels des bornes spéciales seraient disposées de telle sorte qu'on puisse insérer les wattmètres ou les compteurs étalons, en évitant les inconvénients que nous venons de signaler c'est-à-dire sans avoir à débrancher aucun conducteur du montage normal du compteur.

T. Marec,
Directeur de la Compagnie d'Electricité de Meaux.

Digitized by Google

Le fil de cuivre émaillé

L'emploi du fil émaillé dans la construction électrique remonte déjà à une quinzaine d'années. Les progrès réalisés dans la fabrication permettent d'envisager une large utilisation de ces conducteurs dont l'isolation présente un certain nombre de qualités très intéressantes. Au moment où la Chambre syndicale des Constructeurs de gros Matériel électrique s'occupe d'établir un cahier des charges pour la fourniture du fil émaillé, nous donnons ci-après un bref aperçu sur l'ensemble de cette question.

Le fil émaillé a été créé pour remplacer les fils guipés coton ou soie, servant habituellement à constituer les enroulements des machines et des bobines diverses utilisées en appareillage. L'émail employé pour l'isolation des conducteurs, présente, entre autres avantages sur le coton, ceux de ne pas être hygroscopique, de posséder une rigidité diélectrique bien supérieure; et, surtout de résister à des températures de régime bien plus élevées.

I. **Fabrication.** — Nous allons rappeler sommairement le principe de fabrication de ce fil.

Etant donné un fil de cuivre rond, on le fait passer dans un bain de vernis émail et, ensuite, dans un four qui évapore le dissolvant de l'émail déposé sur le fil et le cuit à une température convenable; la même opération est répétée de 10 à 20 fois, toujours avec un recuit après chaque immersion. On arrive ainsi à une couche d'émail d'une homogénéité convenable. Différentes machines réalisent ces opérations dans des conditions aussi économiques et aussi régulières que possible (fig. 1). Ce dernier point est très important pour obtenir un fil de qualité requise, aussi faut-il que l'émail soit de composition constante et la température de cuisson très régulière; on opère généralement vers 280°C.

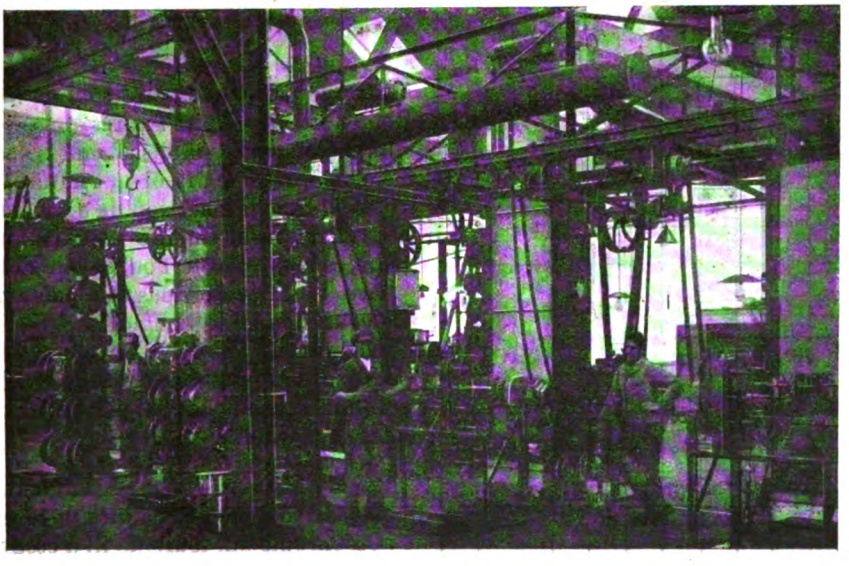


Fig. 1. — Vue d'une partie de l'atelier de fabrication du fil émaillé. (Etablissements industriels E.-C. et A. Grammont.)

Les fabricants ne donnent pas de renseignements précis sur la composition du vernis qu'ils utilisent; cependant, le principe est à peu près le même partout.

Après le recuit convenable, il y a polymérisation et l'émail déposé sur le fil est insoluble dans la plupart des solvants et ininflammable.

Les conducteurs commercialement émaillés sont les fils ronds de 0,05 mm à 3 mm; les angles vifs et les aspérités rendraient le fil impropre à l'émaillage, aussi ce dernier doit-il être tréfilé soigneusement et calibré par des filières toujours maintenues en bon état.

II. **Qualités de l'émail.** — 1. Qualités physiques. — L'émail doit être assez élastique pour ne pas craqueler par allongement du fil et, pratiquement, on obtient des émaux supportant sans craquelures 15 à 20 pour 100 d'allongement; l'émail doit également résister à des pliages de fil et ne pas se rayer à l'ongle. Des frottements légers et des vibrations répétées ne doivent pas avoir d'action sur la tenue de l'émail qui doit être absolument adhérent.

En principe, un fil émaillé doit pouvoir se plier, sans danger pour l'émail, sur un cylindre ayant quatre fois le diamètre du fil.

Malgré les nombreux passages dans le bain d'émail il reste des points faibles dans l'isolation; nous verrons plus loin quelle tolérance il y a lieu d'accorder pour leur fréquence sur une longueur donnée de fil.

Physiquement, l'émail ne peut résister à un frottement un peu important ni à des chocs violents; aussi, pour certains emplois, utilise-t-on le fil émaillé recouvert de 1 ou 2 guipages, les guipages jouant plutôt le rôle de protecteur mécanique que celui d'isolant supplémentaire.

La surépaisseur de coton renforce cependant l'isola-

Digitized by Google

tion du fil et peut parer aux conséquences fâcheuses d'un point faible dans l'émaillage. Pour augmenter encore l'isolation, certains fabricants recouvrent en plus le guipage d'un émaillage spécial cuit à plus basse température que l'émail placé directement sur le conducteur.

2. Surépaisseur. — L'épaisseur d'émail déposé croît avec le diamètre du fil ; on peut compter sur les surépaisseurs suivantes sur les diamètres par rapport au diamètre du fil nu :

FIL NU diamètre en mm	SURÉPAISSEUR DUE A L'ÉMAIL SEUL	
	minimum en mm	maximum en mm
20/100	2,5/100	3/100
50/100	2,8/100	5/100
10/10	3/100	7/100
20/10	4,5/100	9/100
30/10	6/100	10/100

Les courbes des figures 2 et 3 montrent l'avantage de l'isolation émail sur l'isolation coton au point de vue

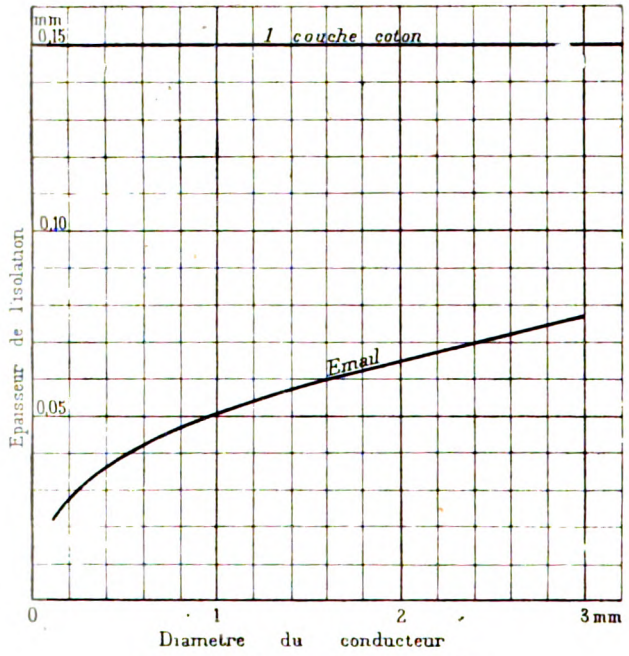


Fig. 2. — Epaisseur de l'isolation en fonction du diamètre du conducteur.

surépaisseur. Lorsque le fil émaillé est recouvert d'un guipage, il y a lieu d'augmenter les surépaisseurs ci-dessus de 0,1 mm pour le coton extra-fin et 0,2 mm pour le coton fin.

3. Essais chimiques. — Des essais répétés sur divers fils provenant de la maison Grammont ont montré :

1° Que le fil émaillé résiste à l'action de l'air et de l'humidité ;

2° Que le fil émaillé n'est pas spontanément inflammable ;

3° Qu'un fil émaillé chauffé pendant dix heures dans un four à 150°C ne subit aucune détérioration. L'essai d'échauffement poussé à 400°C n'a pas permis de relever un changement appréciable de l'état du fil ;

4° Après une immersion de vingt heures dans de l'huile minérale maintenue à 150°C, on a constaté que le fil

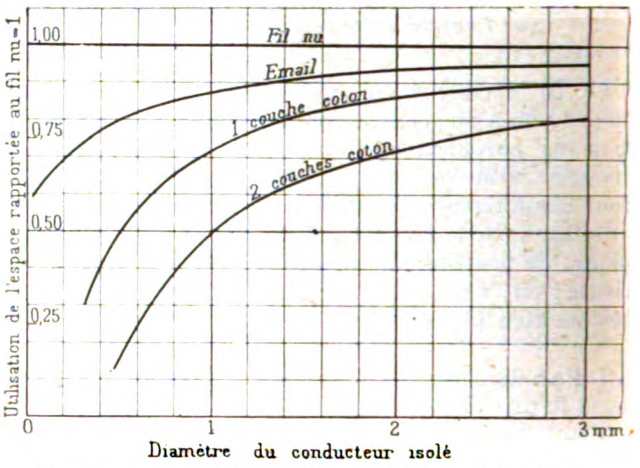


Fig. 3. — Utilisation de l'espace rapportée au fil nu.

ne subissait aucune détérioration. Le fil peut encore après ce traitement être soumis à l'essai d'isolement dont il est question ci-après.

5° Essais dans un dissolvant : nous avons choisi la benzine qui est le dissolvant naturel du vernis émail. A la suite d'une immersion de dix heures, l'enduit d'un fil convenablement émaillé n'est pas ramolli, ce que l'on peut constater avec l'ongle ou en le pressant avec le pouce. Le fil ne doit pas être poisseux et ne doit pas se rayer facilement à l'ongle.

Une immersion à froid pendant une heure dans une solution de soude caustique de densité 1,2 ou dans une solution d'acide sulfurique de densité 1,25 est sans effet sur l'émail,

4. Essais électriques. — La tension que peut supporter le fil a été déterminée de la façon suivante :

On enroule dix tours de fil à essayer sur un mandrin métallique ; la tension est appliquée, d'une part, au mandrin et, de l'autre, au fil dénudé ; on l'augmente par la manœuvre d'un rhéostat. La perforation ne doit pas se produire aux tensions inférieures à celles qui sont indiquées ci-dessous :

Diamètre du fil en mm	Tensions efficaces en volts
20/100 à 49/100	300
50/100 à 99/100	400
10/10 et au-dessus	550

Le mandrin métallique utilisé doit avoir un diamètre de 12 mm, pour les fils d'un diamètre inférieur à 1 mm, et de 25 mm, pour ceux d'un diamètre au-dessus de 1 mm.

Digitized by Google

La durée de l'essai est de 60 secondes et le courant est alternatif aux fréquences usuelles de 25 à 60 p : s. L'essai est fait à froid à une température voisine de 25° (minimum 15°).

Les fils émaillés recouverts d'un guipage doivent

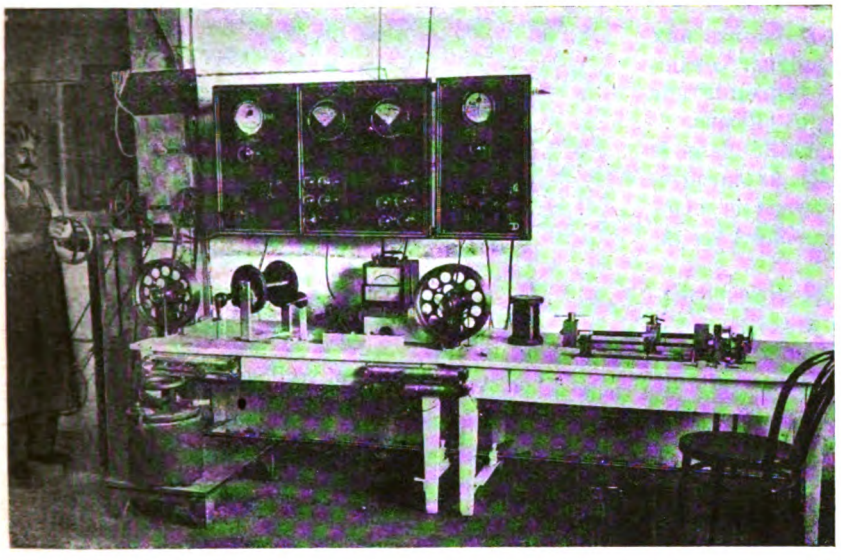


Fig. 4. — Laboratoire d'essais pour fils émaillés. (Etablissements industriels E. C. et A. Grammont.)

résister à des tensions 1,5 fois supérieures. Les fils émaillés avec un guipage émaillé doivent résister à des tensions doubles de celles qui sont indiquées sur le tableau.

Pour déceler les défauts, on utilise la méthode par immersion qui est la suivante :

Le fil passe dans un bain de mercure qui est connecté à l'un des pôles d'une source de courant continu ou alternatif, l'autre étant relié au fil à essayer (fig. 4.) On fait passer le fil dans le bain à une vitesse d'environ 30 m : mn, la durée d'immersion étant au moins de 0,1 seconde ; à chaque défaut une lampe s'allume. La tension entre le fil et le bain est de 30 v pour les fils d'un diamètre inférieur à 0,5 mm et 50 v pour ceux d'un diamètre supérieur. Pour les fils d'un diamètre supérieur à 0, 2 mm, il ne doit pas y avoir plus de 50 défauts par 100 m de fil. Au-dessus de 1 mm, l'essai au bain de mercure devient superflu, car il n'y a pratiquement à peu près aucun défaut pour un bon fil émaillé.

5. Essai d'endurance. — Il est important de vérifier comment l'émail supporte la chaleur, les allongements et refroidissements successifs et les chocs répétés. On a réalisé dans ce but le montage suivant en utilisant des bobines employées pratiquement dans la construction des machines.

On a monté les éléments à essayer sur une table à secousses donnant 350 vibrations de 1 cm d'amplitude à la minute (fig. 5) et l'ensemble était recouvert par un couvercle de bois formant étuve.

Les éléments en essais comportaient : deux électroaimants en fil émaillé (650 spires, de 1 mm, sans imprégnation) ; un électroaimant identique, mais imprégné de vernis bakélite ; une section de stator (37 fils, de 1 mm émaillé, 1 guipage imprégné vernis bakélite) ; deux sections identiques imprégnées de vernis noir.

Les éléments étaient bridés avec interposition de cales d'amiante et on a fait passer dans chacun d'eux un courant continu convenable pour amener les éléments aux température de régime de 120° à 130°, températures contrôlées par la mesure de la résistance.

Pour vérifier les effets de dilation et de refroidissement répétés, le courant était mis deux heures sur les éléments et coupé ensuite pendant deux heures, cette opération était répétée quatre fois par jour ; l'essai a été poursuivi pendant quatre jours.

A la fin des essais, on n'a remarqué aucun court-circuit entre spires, sauf sur un électroaimant dont les spires extérieures étaient endommagées par le frottement sur les brides, dû aux vibrations, et cela au bout de trois journées et demie d'essai.

En vérifiant ensuite si le fil s'écaillait soit par frottement avec l'ongle, soit en le courbant, on a constaté que le vernis ordinaire n'a pu résister à la température de

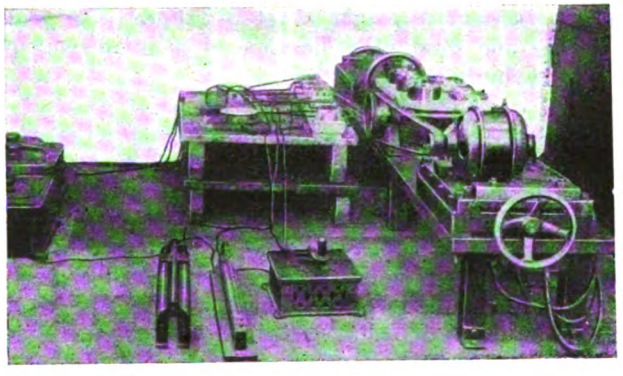


Fig. 5. — Dispositif employé pour effectuer un essai d'endurance sur les fils émaillés.

l'essai ci-dessus et que les spires se détachaient facilement les unes des autres ; les bobines imprégnées de vernis bakélite ne présentaient aucune déformation. Si on pose à priori les températures que l'émail peut supporter, il importe de faire les imprégnations exclu-

Digitized by Google

sivement avec des vernis ou des compounds résistant à des températures de 115° à 120°.

III. **Utilisation.** — Le fil émaillé nu est utilisé depuis une dizaine d'années dans les bobines à minimum des démarreurs ainsi que dans les électroaimants de contacteurs.

Toutefois, pour avoir une meilleure résistance aux vibrations, il est recommandable d'imprégner ces bobines de vernis isolant; l'adhérence est suffisante sur l'émail ; le compoundage est d'ailleurs plus efficace.

Nous signalerons l'utilisation du fil émaillé dans la petite construction électrique : appareils de mesure, compteurs, etc... où seule la faible épaisseur de l'isolant intervient, la résistance diélectrique étant secondaire.

Dans la construction des machines et transformateurs, la grande résistance diélectrique, la résistance à la chaleur et la faible surépaisseur de l'émail rendent particulièrement intéressant l'utilisation du fil émaillé.

On trouvera ci-après quelques applications que nous avons réalisées.

1. Inducteurs de dynamos. — Le fil émaillé peut s'employer nu jusqu'à 1,5 mm. Il est recommandable de ne pas utiliser ce fil pour des électroaimants dont la masse dépasse 10 kg ; au delà il est préférable de recourir au fil émaillé avec un guipage. Il est recommandable pour des électroaimants d'un certain poids d'imprégner les bobines au vernis ou mieux au compound.

Indépendamment de la meilleure évacuation de chaleur dans les bobines isolées au fil émaillé, la faible épaisseur d'isolant conduit à une spire moyenne sensiblement plus petite que dans le cas de fil guipé au coton. Cet avantage est particulièrement appréciable pour les électroaimants où l'on utilise du fil de diamètre inférieur à 1 mm et pour lesquels on peut compter une diminution de 15 à 20 pour 100 sur le poids de cuivre employé.

2. Sections de dynamos et moteurs d'induction. — Ces sections étant appelées à être manipulées plus durement que des électroaimants, soit pendant leur confection, soit au moment de leur placement dans les encoches, le fil simplement recouvert d'émail résisterait difficilement ; aussi, dans ce cas, est-il recommandable d'utiliser du fil émaillé recouvert d'un guipage. Nous avons utilisé couramment du fil ainsi isolé pour des diamètres jusqu'à 1,5 mm (fig. 6).

Ce fil remplace celui qui est isolé par deux guipages habituellement appliqués aux induits de dynamos ou stators de moteurs d'induction ; il a sur ce dernier l'avantage d'un meilleur isolement, particulièrement pour les endroits humides et résiste mieux à l'échauffement. En outre, ce qui est surtout appréciable pour les petites machines, la surépaisseur étant moindre, on a un placement plus facile dans les encoches ou bien on peut augmenter la section utile du cuivre. Au delà de 1,5 mm nous avons aussi utilisé le fil émaillé pour les mêmes usages que ci-dessus, mais d'une façon moins courante ; la seule couche de guipage serait insuffisante pour résister aux chocs, nous avons donc, jusqu'à

Fig. 6. — Bobines et sections en fil émaillé.

3 mm, employé du fil comportant l'isolement suivant: 1 couche d'émail, 1 guipage et 1 émaillage spécial sur le guipage.

3. Enroulements de transformateurs. — On a vu ci-dessus que le fil comportait certains défauts d'émaillage inhérents à la fabrication, mais leur espacement est assez grand pour que l'on ait toutes chances que deux défauts ne se rencontrent pas en deux points en regard dans deux spires voisines d'une galette de transformateur de petite puissance. Pour ceux-ci, la spire moyenne est assez courte et par suite la tension par spire réduite ; c'est le cas des transformateurs de potentiel ou ceux de petite puissance pour lesquels la tension par spire est inférieure à 4 ou 5 v. Il faut naturellement prendre de plus grandes précautions pendant l'enroulement que pour les inducteurs, puisqu'un contact entre spires de transformateurs est inadmissible. Pour des transformateurs ayant plus de 5 v par spire, il est prudent d'utiliser du fil émaillé recouvert d'un guipage. Le fil émaillé est plus intéressant que le fil sous deux guipages habituellement adopté ; la surépaisseur est moindre et l'isolement meilleur. Il convient d'observer que le fil émaillé utilisé dans les transformateurs dans l'huile doit être de bonne qualité et suffisamment cuit pour être certain que l'émail ne sera pas altéré par l'huile minérale chaude.

IV. **Conclusion.** — En résumé le fil émaillé constitue un élément de fabrication extrêmement intéressant pour la construction des machines et des transformateurs puisqu'il permet :

1° Une meilleure isolation ;

2° Une meilleure résistance à la chaleur que le fil simplement guipé. Les essais effectués montrent qu'on peut, sans crainte, atteindre des températures de régime de 120° ;

Digitized by Google

3° Une isolation qui n'est pas altérée par l'humidité, ni par les acides ;

4° Une surépaisseur dûe à l'isolement moindre que le guipage coton équivalent, ce qui permet une meilleure utilisation du cuivre ;

5° Une économie puisque pour une même section de cuivre, le fil émaillé coûte à peu près le même prix que le fil sous un guipage et que le prix du fil émaillé avec un guipage est sensiblement le même que celui du fil sous deux guipages. L'avantage est plus encore en faveur du fil émaillé si la comparaison est faite avec des fils guipés sous soie.

G. Lefèvre,
Directeur technique des Ateliers de Constructions électriques de Lyon et du Dauphiné.

Note relative à un système de réception de signaux électriques applicable à la télégraphie Morse

L'auteur décrit un dispositif simple qui permet de recevoir les signaux Morse au son, soit par l'intermédiaire d'un téléphone haut-parleur, soit par un casque téléphonique.

Bien que dans ces dernières années les systèmes de télégraphie rapide se soient beaucoup développés et répandus, il n'en est pas moins vrai que le système Morse est encore employé sur une très grande échelle. Tout électricien connaît le vieil appareil enregistreur qui porte le nom de l'illustre inventeur; mais, en dehors des cercles de spécialistes, ce que l'on sait moins, c'est que les employés prenaient vite l'habitude de lire les signaux Morse « au son », c'est-à-dire d'après la cadence rythmée que produisait l'armature de l'électroaimant Morse en frappant ses butoirs.

L'expérience ayant démontré aux administrations télégraphiques que les erreurs à la réception atteignaient un pourcentage moindre par cette pratique, longtemps défendue, que par la lecture sur la bande, la plupart de celles-ci levèrent leur veto et la réception au son devint générale. L'inscripteur Morse ne fut conservé que pour des télégrammes d'une importance capitale : par exemple, dans le service des croisements de trains sur des lignes à voie unique.

Afin de conserver à l'appareil de réception son élasticité et ses réglages, on le constitua dès lors en deux parties : le relais de ligne, et le parleur. Celui-ci est un électro-aimant installé dans une caisse de résonance, alimenté par une source d'électricité locale et réalisé de manière que les chocs sur les butoirs soient rendus le plus bruyants possible. Le schéma de la figure 1 indique clairement le dispositif, créé il y a une trentaine d'années. Bien qu'utilisé sur une vaste échelle, on peut cependant le taxer d'irrationnel au point de vue psychologique, comme n'étant qu'une copie servile du premier dispositif Morse dont le but était tout différent. Celui-ci visait non à la production de signaux auditifs, mais à l'inscription de signaux destinés à la vue.

Il suffit de remarquer, en effet, que le « sounder » ne peut donner que des « tacs » plus ou moins sonores ; par conséquent, la barre ne se distingue du point que par l'intervalle qui sépare deux « tacs ». Il n'est donc pas étonnant que la réception ouïe au son des signaux Morse nécessite un apprentissage assez long, mettons quelques mois, et soit assez fatiguante dans des bureaux encombrés où le bruit des nombreux parleurs engendre rapidement une cacophonie désagréable. De plus, le secret des communications n'est pas assuré, les signaux acoustiques pouvant être lus de la salle réservée au public, par une oreille exercée.

Aussi, peut-on soutenir, avec quelque apparence de raison, qu'il serait utile de recourir, dans le système

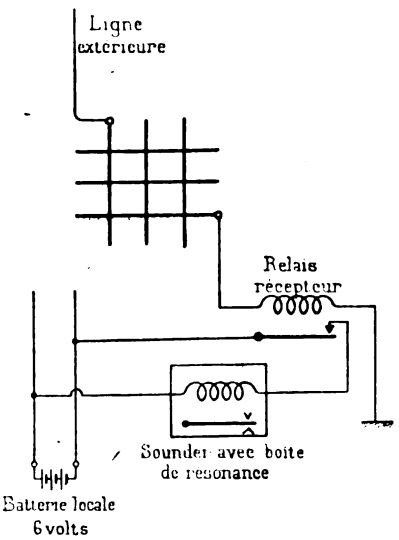


Fig. 1. — Schéma de la réception par sounder.

de télégraphie Morse par fils, aux signaux ronflés utilisés dans la télégraphie sans fil.

C'est la description d'un système de ce genre qui fait l'objet de la présente note. Pour le créer, nous remarquons, en nous reportant au croquis de la figure 1, qu'il suffit de remplacer la source d'électricité habituelle (généralement une batterie de piles de quelques volts) par un générateur de courants ronflés, d'une

Digitized by Google

fréquence musicale de préférence, et le « sounder » par des téléphones serre-têtes.

Seulement ce système ne rallierait que difficilement les suffrages des employés télégraphistes qui estimeront que la réception au casque téléphonique est assujettissante, bien que les signaux du système préconisé soient beaucoup plus nets que ceux de la télégraphie sans fil et dépourvus de parasites. Si on veut donner satisfaction à leurs désiderata, il suffit de remplacer le casque téléphonique par un téléphone haut parleur ; seulement l'énergie requise est beaucoup plus considérable, ce qui n'est pas grave si un système de ronfleur a été installé.

Le système préconisé ci-dessous permet de supprimer ce dernier accessoire encombrant et coûteux.

D'ailleurs, nous remarquons que, depuis quelque temps, les administrations télégraphiques, contrairement aux habitudes d'avant-guerre, font appel de plus en plus aux réseaux publics pour l'obtention de l'énergie électrique au lieu de fabriquer celle-ci à l'aide de piles, ou de recourir à la transformation par accumulateurs.

Si nous pouvons combiner un système de réception utilisant un réseau électrique à courant continu, dont les collecteurs des génératrices et des moteurs donneront les ondes, nous voyons que nous pouvons supprimer toute source d'énergie spéciale pour le circuit ronflé en appliquant les principes schématisés sur la figure 2 où A est le relais télégraphique Morse récepteur ; B, un condensateur de 2 à 5 μF ; C, une résistance liquide (tube scellé) de 100 000 ohms environ, et D, le téléphone haut parleur muni d'un pavillon dont la forme est déterminée, de manière à renforcer la note fondamentale émise par la plaque vibrante.

On obtient aussi un système télégraphique Morse dont la réception est assurée par signaux ronflés, les barres et les points étant des signaux positifs se distinguant clairement par leur durée. De plus, leur production ne nécessite qu'une énergie négligeable et la mise en œuvre d'un appareillage de construction courante.

L'utilisation du casque permettrait de remplacer le condensateur par un type de quelques dizaines de microfarads et supprimerait radicalement tout bruit dans un bureau télégraphique.

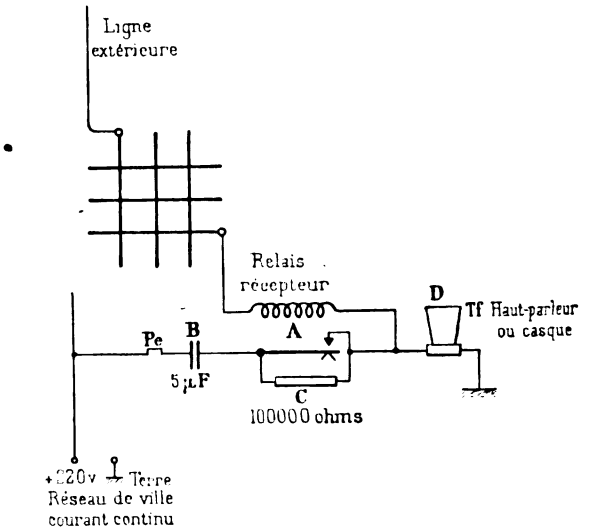


Fig. 2. — Schéma du système télégraphique utilisant des signaux ronflés.

Si au contraire on poursuit le but de lire les signaux Morse à distance malgré les bruits saccadés d'une installation voisine d'appareils Hughes, par exemple, on peut compléter le schéma de la figure 2 par l'insertion d'un transformateur téléphonique l'armature du relais étant dans le circuit secondaire de celui-ci.

O. Steels.
Doyen de la Faculté des Sciences de Gand.

Revues, analyses et informations

L'emploi de l'électricité dans la petite industrie.

Sous ce titre, M. P. Juppont, administrateur délégué des Ateliers du Languedoc, à Toulouse, a fait paraître dans « La Journée industrielle » un article où il s'attache à démontrer au grand public que, contrairement aux assertions émises lors de la campagne récemment entreprise contre les tarifs de vente de l'énergie électrique, les intérêts des producteurs et distributeurs d'énergie électrique sont intimement liés à ceux des consommateurs et réciproquement, et qu'en particulier une plus grande régularité dans le temps des demandes d'énergie des consommateurs aurait pour conséquence d'abaisser le prix de revient et par suite le prix de vente du kilowatt-heure. Bien que cet article ne s'adresse pas aux ingénieurs, il nous paraît utile de mettre sous les yeux de ceux-ci quelques extraits de cet intéressant article, qui leur fournira, sans rechercher ailleurs, les raisons qu'il convient d'opposer aux critiques acerbes dont les compagnies de distribution d'énergie ont été l'objet dans ces derniers temps.

1. — Dans son préambule, M. Juppont pose la question qu'il se propose d'étudier : Il n'y a pas que le prix des matières et les salaires qui ont une répercussion sur le prix de revient de l'énergie électrique, il y a encore, ce que les abonnés savent moins et refusent souvent d'admettre, les les modalités de leur consommation.

Refuser d'admettre cette influence « équivaut cependant, écrit M. Juppont, à négliger l'influence des charges de capital et des frais fixes ». Et il donne la comparaison suivante :

« Autrement dit, c'est admettre que, dans l'établissement du salaire minimum d'un ouvrier, les seules dépenses dont

Digitized by Google

il faille tenir compte sont les frais de nourriture qui correspondent au travail musculaire produit à l'atelier, c'est-à-dire supprimer toutes les exigences de la vie sociale, habitation, famille, vêtements, éducation, distractions, etc., pour ne considérer que le phénomène physique de transformation des aliments en énergie utilisée. »

II. — M. Juppont énonce ensuite quelques-uns des nombreux facteurs influençant le prix de revient de l'énergie électrique : nature de l'usine génératrice, du réseau, du courant, position de l'abonné sur le réseau, rapport de sa consommation annuelle à la puissance maximum qu'il peut demander ; puis il examine les charges fixes provenant des immobilisations de capitaux et des frais fixes d'exploitation qui viennent grever le prix de revient de l'énergie correspondant à une puissance de 1 kw utilisée d'une manière continue pendant toute la durée d'une année. Il trouve ainsi 112,70 fr pour une usine thermique et 363,70 fr pour une usine hydraulique en supposant ces usines construites avant la guerre; en raison de l'augmentation du prix de toutes choses, ces nombres deviennent respectivement 340,30 fr et 1000 fr pour des usines construites après guerre. Or la petite industrie n'utilise jamais d'une manière continue la puissance qu'elle exige du fournisseur; rapportées au kilowatt-heure utilisé ces charges seront donc d'autant plus lourdes que la durée de la consommation au cours d'une année sera plus faible. M. Juppont prend, à titre d'exemple, des durées de consommation de 500, 1 000, 2 000, 7 200 et 8 760 heures et trouve pour les charges fixes dont se trouve grevé chaque kilowatt-heure consommé, dans les diverses hypothèses envisagées, les nombres inscrits dans le tableau suivant.

Nature de l'usine	Charges fixes annuelles par kw	Augmentation par kilowatt-heure pour une durée annuelle de la consommation en heures				
		300	1 000	2 400	7 200	8 760
	fr.	fr.	fr.	fr.	fr.	fr.
Usine thermique construite avant la guerre.	112,60	0,52	0,26	0,20	0,17	0,16
Usine thermique construite après la guerre.	340,80	1,25	0,49	0,29	0,20	0,19
Usine hydraulique construite après la guerre.	1 000,00	3,33	1,00	0,42	0,14	0,11

Bien que ces nombres n'aient rien d'absolu, ils montrent suffisamment clairement au consommateur que les conditions de sa demande dans le temps, aussi bien pendant les diverses saisons que durant les diverses heures de la journée, ont une influence considérable sur le prix de revient. Le raisonnement simpliste qui suit, peut d'ailleurs être ajouté si les nombres précédents ne suffisent pas.

« Dix agriculteurs ont besoin d'un cheval pendant une heure par jour pour des labours légers ou pour commander une noria.

» S'ils effectuent leur travail au même moment de la journée, dix animaux seront nécessaires; ils seront mal utilisés au point de vue économique, attendu qu'il faudra les nourrir, les entretenir pendant vingt-quatre heures, alors qu'ils ne seront utilisés qu'une heure.

» Si les dix personnes s'entendent pour utiliser le même animal durant dix heures consécutives, le travail obtenu sera théoriquement le même, dix chevaux-heure et il ne faudra qu'un seul cheval, de sorte que la mise de fonds et les frais d'entretien seront dix fois moindres.

» La situation est identiquement la même pour la force motrice électrique. »

Ces considérations ont une autre conséquence : contrairement à l'opinion courante, découlant des conditions ordinaires des achats en gros, un usinier qui consomme 200 à 300 ch pendant deux heures par jour, doit payer le kilowatt-heure plus cher que l'artisan qui n'a qu'un moteur de quelques chevaux, mais le fait fonctionner pendant un temps beaucoup plus long. Il s'ensuit aussi que, contrairement aux espoirs que l'on a trop souvent laissé se développer parmi les agriculteurs, l'énergie électrique utilisée pour les travaux de la ferme ou pour le labourage, ne peut être vendue à bas prix.

III. — En raison du nombre et de la complexité des facteurs qui entrent dans sa détermination, le prix de vente de l'énergie électrique ne saurait être uniforme.

« La vente au kilowatt-an, écrit M. Juppont, supprime les difficultés financières que nous venons d'examiner. Malgré ses avantages et l'emploi du compteur à dépassement, elle ne peut être généralisée.

» Dans le cas d'abonnement au kilowatt-heure, mode de contrat le plus répandu, deux systèmes sont en présence :

» 1° L'abonné et le fournisseur discutent librement et individuellement dans les limites prévues aux cahiers des charges de concession ;

» 2° Les abonnés groupés par catégorie de consommateurs, en associations ou syndicats, discutent les prix collectifs et prévoient les conditions d'utilisation qui permettraient d'abaisser le prix moyen du groupement considéré, en donnant de la puissance disponible à leur fournisseur, grâce à un meilleur coefficient d'utilisation, grâce à l'amélioration des conditions de démarrage et du facteur de puissance des moteurs d'une certaine importance, etc.

» Cette dernière formule nous paraît la plus conforme à l'équité et aux conditions économiques actuelles qui imposent la solidarité dans l'intérêt de tous. »

IV. — En terminant, M. Juppont énumère quelques-unes des applications de l'énergie électrique encore peu répandues et dont le développement serait désirable tant au point de vue de sa répercussion sur le prix de vente de cette énergie qu'au point de vue social. Voici ce qu'il écrit à ce sujet :

« On sait qu'en Amérique nombre de stations centrales se sont adjoint des fabrications saisonnières, comme les industries frigorifiques, pour « boucher les heures creuses » de l'été. Cet exemple bien connu montre tout l'intérêt que les usines hydroélectriques trouveraient à appliquer des tarifs spéciaux très réduits pour la charge des accumulateurs et notamment des accumulateurs de traction des véhicules électriques, pour la production du froid et la ventilation dans les hôtels, magasins de comestibles, de fourrures, entrepôts et industries utilisant des objets périssables, comme les fabriques de conserves.

» En faisant une recette pour ainsi dire nette, les producteurs de courant augmenteraient leur crédit et amélioreraient le bien-être général.

» La chaleur, produite électriquement pendant la journée, soit pour la soudure, soit pour le chauffage, soit pour la cuisine, est susceptible de développer la consommation de courant, surtout en combinaison avec des accumulateurs thermiques, des réservoirs d'eau chaude ou des marmites norvégiennes.

» Des prix appropriés sont évidemment nécessaires. Les études de la question prouvent jusqu'à l'évidence que, dans

Digitized by Google

bien des cas, le chauffage électrique est une possibilité économique.

» Mais il faut et c'est là une grosse difficulté pratique, changer des habitudes, s'imposer de légères contraintes, pour ne pas se chauffer aux heures de pointe.

» Comme dans tous les problèmes sociaux, — et le développement de la petite industrie, ainsi que celui de l'industrie familiale, sont œuvres sociales au premier chef, — c'est par la collaboration, non pas des bonnes volontés, — c'est insuffisant, — mais des intérêts, que l'on parviendra aux meilleures solutions et que l'on triomphera de la routine.

» Enfin, il n'est pas superflu de rappeler que l'électricité, par la facilité de sa transmission et de sa distribution, par la diversité de ses applications, peut beaucoup mieux que tout autre facteur technique lutter contre l'attraction néfaste des villes tentaculaires et des centres industriels, dont les inconvénients physiologiques et psychologiques ne sont plus à démontrer; qu'en même temps que le labourage, le pompage, la manutention mécanique, elle permet le fer à friser et le cinéma dans la plus petite bourgade et que l'Etat devrait parallèlement y introduire le téléphone, cet autre emploi de l'électricité qui apporte avec lui tant de commodités et tant de bienfaits. »

Récents progrès de l'électrochimie appliquée (1).

L'électrochimie appliquée est constituée par la réunion de matières assez diverses, que l'on peut résumer de la façon suivante : 1° les procédés de la métallisation électrique et de la galvanoplastie, dans lesquels rentre l'électrotypie; 2° l'électrométallurgie par voie humide; 3° la production électrolytique de composés chimiques en solution aqueuse; 4° les piles primaires et secondaires; 5° les produits du four électrique et les fours dans lesquels ces produits sont élaborés; 6° les réactions de gaz produites par l'électricité. L'auteur passe en revue les récents progrès réalisés dans ces diverses branches de l'industrie électrochimique.

I — La galvanoplastie et l'électrotypie sont parmi les plus anciennes des applications industrielles de l'électricité. A l'origine, la méthode a servi surtout pour la dorure et l'argenture, dans un but décoratif. Par la suite, on s'est préoccupé de produire des dépôts de métaux protecteurs, parmi lesquels l'un des plus employés est le nickel. Un récent progrès du nickelage a consisté à remplacer le chlorure par le fluorure de nickel, qui donne un grain plus fin, une couche plus résistante et plus dure. Le nickel peut être déposé sous la forme d'une couche à surface, non plus brillante, mais noire, en ajoutant au bain diverses substances, acide arsénieux, ammoniaque, carbonate d'ammonium, cyanures.

Dans ces dernières années, le zinc et le plomb ont été employés à une grande échelle pour recouvrir les métaux plus ou moins altérables. Le zinc déposé électriquement présente un aspect foncé très différent de celui des métaux soi-disant galvanisés, dont le revêtement de zinc est obtenu en réalité par immersion dans le métal fondu. L'adhérence du dépôt électrolytique est très supérieure à celle du métal fondu. Le plomb de galvanoplastie commence à être employé pour doubler l'intérieur des gazomètres et rendre ainsi les cloches plus étanches. On envisage l'emploi du même procédé pour doubler certains appareils de chimie. On se sert, pour la galvanoplastie au plomb, de fluosilicate ou de borate de plomb.

On s'est proposé récemment d'obtenir le dépôt d'alliages; on y réussit, dans le cas du laiton, par l'emploi de mélanges convenablement choisis de cyanures des métaux constitutifs cuivre et zinc.

L'électrotypie n'a subi que peu d'innovations récentes.

L'électrométallurgie par voie humide a, au contraire, subi de notables perfectionnements. On a tenté, sans grand succès, il est vrai, d'obtenir directement le cuivre pur par électrolyse en présence des mattes de cuivre servant d'anodes. D'une façon plus directe, on a tenté et avec succès, de tirer le cuivre du minerai lui-même par électrolyse : dans ce but, on traite le minerai de cuivre par l'acide sulfurique et on dépose le cuivre pur par électrolyse de la solution, en se servant d'anodes inattaquables de magnétite fondue et de cathodes de cuivre. Le même procédé a été étendu récemment au traitement pratique du zinc, par dépôt du métal de solutions très pures de sulfate de zinc. Le zinc est séparé des cathodes toutes les 48 heures et est fondu.

Le cadmium est un métal peu répandu et l'exploitation de ses minerais n'est possible que lorsqu'on peut l'en tirer à titre de sous-produit d'une autre fabrication. Récemment, une compagnie américaine a réussi à mettre au point un procédé électrolytique d'extraction du cadmium, qui consiste à purifier les solutions de sels de zinc destinées à l'électrolyse, en y versant de la poudre de zinc. Dans ces conditions, le cuivre et le cadmium se précipitent sous la forme d'une boue noire. On traite cette boue par l'acide sulfurique dilué qui ne dissout que le cadmium et on électrolyse enfin cette solution de sulfate de cadmium, préalablement purifiée, le métal étant déposé sur des cathodes tournantes en aluminium, dont il est séparé ultérieurement.

Le raffinage des métaux par électrolyse constitue une des branches les plus importantes de l'industrie électrochimique. Les principaux métaux raffinés par électrolyse sont le cuivre, le nickel, l'or, l'argent et plus récemment le plomb, l'étain et le fer. La production du fer électrolytique croît chaque jour en importance. En raison de sa fragilité, il est aisément réduit en poudre. Les anodes sont en acier doux, les cathodes en acier poli, dont le métal déposé est séparé lorsqu'il a acquis une épaisseur de 1/8 à 1/4 d'inch (3,16 à 6,32 mm.)

Le raffinage électrolytique de l'étain commença en 1916 à Perth Amboy. On utilise une solution du sulfate, de préférence au fluosilicate.

Il arrive que les méthodes électrochimiques l'emportent sur les méthodes purement chimiques, comme par exemple pour le désétamage des chutes de fer blanc. Le procédé a consisté longtemps à disposer les chutes dans des paniers en toile métallique et de produire l'électrolyse dans une solution de soude caustique, en prenant ces paniers comme anodes et des lames de fer comme cathodes. Mais l'attention continuelle nécessitée par cette opération la rendait laborieuse et elle a été remplacée presque partout par un procédé au chlore.

II - Le procédé le plus important de production de composés chimiques ou d'éléments par électrolyse de solutions aqueuses est sans contredit l'électrolyse du chlorure de sodium avec un diaphragme séparant l'anode de la cathode, dans le but d'obtenir l'hydroxyde de sodium et le chlore. On a, dans ce but, employé déjà bien des dispositifs. Le chlore, corps gazeux, sort de la cuve de lui-même, mais la soude doit être enlevée, par un soutirage continuel, de la solution cathodique. Si le soutirage est trop rapide, la solution sera trop diluée, mais, d'autre part, si la concentration s'élève, les ions $(OH)^-$ vont vers le compartiment anodique et attaquent les anodes de graphite. Il s'agit donc d'obtenir à

(1) Maurice de Kay Thompson, *Journal of Franklin Institut*, juin 1922, t. cxciii, p. 775-694, 4 500 mots, 9 figures.

Digitized by Google

la cathode la soude à la concentration la plus favorable. On a découvert bientôt qu'une bonne façon d'y arriver consiste à presser la cathode contre le diaphragme et par conséquent à n'avoir pas de liquide dans le compartiment cathodique, sauf ce qui filtre à travers le diaphragme, venant du compartiment anodique. Ainsi, l'électrolyte décomposé à la cathode est enlevé aussitôt après sa décomposition.

Dans la plupart des procédés électrochimiques, destinés à la production de corps composés, la substance à traiter est en solution et on se sert d'anodes inattaquables. Voici au contraire deux exemples où l'anode fournit l'un des éléments entrant dans la constitution du produit à obtenir.

Il y a quelques années il a été inventé un procédé de fabrication du blanc de céruse, qui consiste à électrolyser, en présence d'anodes en plomb, une solution de chlorate et de carbonate de potassium, dans laquelle on insuffle un mélange d'air et de gaz carbonique, pour remplacer le gaz carbonique consommé dans l'opération. Ce procédé vient d'être appliqué en grand aux Etats-Unis.

Pendant la guerre, s'est manifesté un besoin urgent de solutions neutres de permanganate de sodium. La méthode chimique, calquée sur celle par laquelle on obtient le permanganate de potassium, se présente tout d'abord à l'esprit, mais le rendement en composé sodique est insuffisant. C'est pourquoi on s'est adressé à la méthode électrolytique, dont le principe est connu depuis longtemps et qui consiste à électrolyser une solution de l'alcali ou de son carbonate, en prenant des anodes en ferro-manganèse à 75 pour 100, séparées des cathodes de fer par des diaphragmes.

La production de corps organiques est peu répandue aux Etats-Unis, bien qu'en Allemagne un certain nombre de produits soient ainsi préparés avantageusement. Tels sont l'iodoforme, le chloral, la vanilline, les composés aro et hydraro et l'anthraquinone. Pourtant, pendant la guerre, l'impossibilité d'obtenir des révélateurs photographiques allemands, a conduit certaines compagnies américaines à essayer d'introduire dans leurs ateliers les procédés électrolytiques. Par exemple, en électrolysant une solution d'acide sulfurique tenant en suspension du nitrobenzène, on obtient facilement le paramidophénol. Mais, le procédé fut trouvé trop coûteux et l'usine fut transformé de façon à produire électriquement du persulfate d'ammonium.

D'importants progrès ont été faits dans ces dernières années dans l'électrolyse des sels fondus. On peut citer comme exemple la production de l'aluminum, qui s'est accrue dans des proportions considérables pendant la guerre, de sorte que l'aluminium est maintenant, dans l'ordre des quantités consommées, le cinquième des métaux : fer, cuivre, zinc, plomb, aluminium. La fabrication du magnésium et du cérium est en train de se développer; la production du calcium est restée assez limitée, mais un alliage de plomb, calcium et baryum, connu sous le nom de métal Fiary, est actuellement fabriqué aux Etats-Unis en grandes quantités, en électrolysant un mélange de chlorures de calcium et de baryum fondus sur des cathodes de plomb contenues dans des pots en fer. On prend comme anodes des tiges de graphite.

III — Jusqu'à présent, nous avons considéré l'emploi du courant pour produire des corps par électrolyse. Dans le four électrique, les corps résultent le plus souvent de l'action de la chaleur produite par le passage du courant électrique. C'est ce qu'on appelle l'électrothermique, branche de l'industrie qui a subi les plus grands développements au cours des dernières années.

Avant d'étudier les produits électrothermiques, il convient de signaler l'existence d'un type entièrement nouveau de four électrique, établi récemment par Northrup et dans lequel la chaleur est produite par les courants de Foucault induits dans la substance en fusion par un courant de haute fréquence; les électrodes, qui constituent souvent une sujétion incommode, sont ainsi supprimées.

Parmi les produits électrothermiques, les alliages de fer sont de première importance, à cause de l'énorme accroissement de leur production qui a décuplé entre 1910 et 1918 en ce qui concerne les Etats-Unis et le Canada. Parmi les alliages de fer, les progrès les plus importants ont été réalisés par les ferro-manganèses et les aciers au molybdène.

Le raffinage de l'acier au four électrique est une industrie relativement nouvelle; ses débuts datent d'environ 13 années et cependant en 1920 il y avait déjà dans le monde entier 1000 fours pour la fusion et l'affinage de l'acier, dont le tiers du modèle Héroult.

Les plus récents progrès dans la construction de ces fours résident dans l'accroissement de la durée du revêtement. Comme il n'y a entre le point de fusion de l'acier et celui des revêtements qu'une marge peu étendue, la moindre surchauffe peut donner lieu à une rapide détérioration du revêtement. Cet inconvénient se présente d'autant plus aisément que la température est moins uniforme à l'intérieur du four. C'est donc sur une disposition judicieuse des électrodes, permettant une répartition aussi uniforme que possible de la chaleur, que sont basées les tentatives de perfectionnements de ces appareils.

La fusion électrique des minerais de fer, suggérée tout d'abord par Siemens en 1878, a été réalisée dans ces dernières années en Norvège, en Suède, en Suisse, en Italie et au Japon. En France, il se produisit pendant la guerre un développement important des procédés au four électrique pour la production du fer.

La fusion électrique du zinc est pratiquée en Suède depuis 1901, mais l'extraction électrolytique est en général plus en faveur.

IV — L'emploi du four électrique a été étendu récemment à l'industrie du laiton. La fusion du métal se trouve ainsi à l'abri des produits nocifs, tels que les gaz et fumées résultant de la combustion du charbon.

La plus importante de toutes les industries électrochimiques sera probablement bientôt la fixation de l'azote atmosphérique. Il faut citer notamment à ce sujet le procédé Haber pour la synthèse de l'ammoniaque. En principe, le procédé consiste à mettre en présence l'hydrogène, l'azote et un catalyseur, le tout étant porté aux environs de 600° C et sous une pression de l'ordre de 200 atmosphères. Les premiers essais furent plutôt décourageants et ce n'est qu'après de grands efforts que le procédé put être appliqué industriellement Le procédé plus récent de Claude peut être considéré comme un perfectionnement important du précédent; il consiste essentiellement à accroître fortement le rendement de l'opération par l'emploi des pressions très élevées, de l'ordre de 1000 atmosphères.

Actuellement, cependant, la méthode encore la plus employée, pour fixer l'azote atmosphérique, consiste à faire absorber cet azote par le carbure de calcium pour former de la cyanamide calcique, par chauffage vers 1000° dans un four électrique à résistance. Le produit sert directement comme engrais, ou bien il est employé à produire de l'ammoniaque sous l'action d'un courant de vapeur d'eau surchauffée.

L. B.

Digitized by Google

L'état actuel de l'électrification des chemins de fer de l'Etat allemand (1).

L'auteur indique en premier lieu que, pour les grandes lignes, le courant monophasé sous une tension de 15000 v, avec une fréquence de 16,2/3 p : s est adopté d'une façon générale. Pour les réseaux d'intérêt local, les lignes urbaines et suburbaines, on tend à généraliser l'emploi du courant continu avec troisième rail, car ce système est de toute façon plus économique que le monophasé à 15000 v.

Après un exposé de quelques règles fort générales adoptées dans la construction des locomotives, l'auteur passe en revue les différentes lignes.

1° L'électrification des lignes de montagne Lauban-Königszelt commencée avant la guerre est en voie d'achèvement. Le tableau I donne la longueur et la date de mise en service des lignes électrifiées de ce réseau ; le tableau II indique les principales caractéristiques des locomotives qui y sont employées.

TABLEAU I.

LIGNES	LONGUEUR km	DATES DE MISE EN SERVICE
Königszelt-Hirschberg	77	1920 \ Ligne d'essai Königszelt-Dittersbach ouverte en 1916
Hirschberg-Lauban...	52	Printemps 1922
Lauban-Görlitz.....	26	Courant de 1922
Niedersalzbrunn-Halbstadt.....	35	Automne 1914
Ruhbank-Liebau.....	16	1921
Hirschberg-Grüntal...	53	Printemps 1922
Hirchberg-Landeshut	40	Courant de 1922

TABLEAU II.

NOMBRE DE LOCOMOTIVES PRÉVUES	DÉSIGNATION BASÉE SUR L'ORDRE DES ROUES	POIDS t	PUISSANCE kw	VITESSE MAXIMUM km : h	NOMBRE DE LOCOMOTIVES LIVRÉES
	Trains de voyageurs.				
7	1-C-1	84	1170	80	7
17	2-D-1	108	1830	90	1
2	2-B-B-1	110	1600	90	1
6	automotrice	98,5	350	60	6
7	B+B	71	770	65	—
	Trains de marchandises.				
12	B+B+B	103	872	45-50	10
10	C+C	99	1160	50	6
10	AAA+AAA	99	1060	45	—

2° L'électrification du réseau Magdeburg-Leipzig-Halle était commencée avant la guerre. Les lignes Wahren-Schönefeld (13,9 km), Leipzig-Bitterfeld (33,7 km) sont en service. La ligne Dessau-Bitterfeld est en essai. Les lignes Magdeburg-Bitterfeld (89,7 km), Leipzig-Halle (37,6 km) et Schönefeld-Engelsdorf (4 km) sont en cours d'électrification et seront probablement terminées dans la courant de l'année 1922. Le tableau III indique les principales caractéristiques des locomotives appartenant à ce réseau.

TABLEAU III.

NOMBRE DE LOCOMOTIVES PRÉVUES	DÉSIGNATION BASÉE SUR L'ORDRE DES ROUES	POIDS t	PUISSANCE kw	VITESSE MAXIMUM km : h	NOMBRE DE LOCOMOTIVES EN SERVICE
	Trains de voyageurs.				
3	2-B-1	72	880	120	3
2	1-C-1	85	760	90	2
11	1-C-1	88	730	110	11
	Trains de marchandises.				
2	o-D-o	63	590	50	2
27	B+B	67	770	50	25

3° Sur la ligne du Wiesenthal, électrifiée bien avant la guerre, 11 locomotives du type 1-C-1 sont en service.

4° L'électrification de la ligne Reichenhall-Berchtengaden a été poursuivie pendant la guerre. Pour cette ligne, il a été livré 8 locomotives 1-C-2 d'une puissance de 630 kw et pesant de 84 à 96 t. Ces locomotives destinées aux trains de voyageurs ont une vitesse de 80 km : h. Plus tard, il a été livré deux locomotives à 2 boggies et 4 moteurs et 2 locomotives B + B avec transmission par bielles et engrenages. Ces locomotives, qui ont une puissance de 660 kw et une vitesse maximum de 50 km : h sont destinées à la remorque des trains de marchandises.

5° La Bavière, en considération des résultats déjà obtenus sur la ligne Reichenhall-Berchtengaden, travaille un vaste programme d'électrification de ses chemins de fer. Les lignes München-Kochel-Garmisch-Partenkirschen, München-Regensburg, München-Lindau doivent être électrifiées en 1923-1924 avec courant monophasé 16000 v, 16,2/3 p : s.

6° Les lignes urbaines et suburbaines de Berlin devaient primitivement être électrifiées avec le système monophasé ; elles seront finalement alimentées par un troisième rail avec du courant continu 800 v. La ligne Berlin-Hernau-Hermsdorf (33 km) sera entreprise la première. L'énergie sera amenée de la centrale Golpa sous la tension de 100000 v. Dans les trois sous-stations de Pankow, Röntgental, Hermsdorf, la tension sera d'abord abaissée à 30000 v par des transformateurs statiques. Le courant alternatif sera ensuite transformé en courant continu par des groupes rotatifs.

Pour cette ligne, il est prévu 42 trains composés chacun de 2 motrices à 4 essieux et de 3 remorques à 3 essieux. Chaque motrice est pourvue de deux moteurs développant chacun une puissance de 230 ch à la vitesse de 30 km : h. la vitesse maximum étant de 72 km : h. Ces moteurs sont en état de donner à la rame entière, pesant 150 t, une accélération de 0,5 m : s². Chaque rame peut contenir 750 places assises. — M. F.

(1) *Elektrotechnik und Maschinenbau*, 9 avril 1922, t. XL, p. 174-176. 2500 mots.

Digitized by Google

SECTION ÉCONOMIQUE & FINANCIÈRE

Revues, analyses et informations

L'entreprise gouvernementale et son administration (1).

Sous ce titre vient de paraître une intéressante étude de M. Albert Schatz, démontrant l'incapacité actuelle de l'Etat et indiquant les réformes nécessaires pour lui donner un rôle utile. Nous exposons aujourd'hui les grandes lignes de cet ouvrage empruntant souvent, afin de garder toute précision, les expressions mêmes de l'auteur.

Introduction. — Ce livre signé d'un seul nom, dit l'auteur lui-même, est le produit d'une collaboration. Il résume les travaux d'un groupe, le « Groupe d'Etudes administratives » et expose le projet de réforme générale des Services publics présenté par M. Henri Fayol (2); son seul but est d'indiquer clairement, avec une absolue indépendance, un moyen de porter remède à la crise où se débat, non sans péril, le gouvernement de notre pays.

D'une étude récente faite par M. Fayol, à propos de la réorganisation du service des Postes, Télégraphes et Téléphones, conformément à ses principes, il ressort qu'il est complètement impossible à l'Etat, tel qu'il est administrativement constitué, d'arriver à gérer convenablement un service industriel et commercial. Dans ce cas, voyons quel est le remaniement profond que doit subir cette administration dans son ensemble, pour que ses services puissent être organisés et fonctionner normalement et que le gouvernement, en particulier, soit en mesure de remplir sa fonction propre qui est, comme on l'oublie trop, de gouverner.

Cette réforme de l'administration gouvernementale se résume en cette formule : l'Etat doit être géré suivant les règles générales d'une grande entreprise industrielle bien menée. L'auteur fonde sur cette industrialisation de l'Etat les plus grands espoirs; il pense que ce n'est qu'en modifiant les principes et les procédés de son administration que le gouvernement peut se mettre à la hauteur de sa tâche. Il fait remarquer, dans la préface de son ouvrage, que le public ne s'explique pas la persistance du mauvais fonctionnement de nos services d'Etat; après avoir fait confiance à une, à deux, à dix équipes ministérielles successives et ne voyant aucune amélioration se produire, la trentième ou la quarantième le laisse sceptique; il s'en prend à la moralité des gouvernants, à la Constitution, au régime politique, au régime social et il prête l'oreille à toutes les suggestions. Il importe donc de le convaincre que ce mal est d'ordre administratif. C'est justement le but du Centre d'Etudes administratives que nous citions plus haut, c'est aussi celui de cet ouvrage dont voici les points principaux.

I. L'ENTREPRISE GOUVERNEMENTALE. — Le gouvernement d'un Etat étant une entreprise, son administration relève des principes généraux qui sont la condition, reconnue par une longue expérience, du bon fonctionnement de toute entreprise normale.

Elle devrait, en tout premier lieu, avoir un but fixé à l'avance et bien défini; or, une étude rapide permet de constater que ce but n'a jamais été bien net et que, de plus, il a varié avec les époques. Jusqu'au milieu du XVIIIe siècle, le métier de gouverner a été l'apanage du roi; le gouvernement était l'ordonnateur souverain de la production, des échanges et de la répartition. Ainsi entendue, l'entreprise gouvernementale est d'une complexité singulière et dépasse toutes les capacités humaines. La Révolution, déplaçant la souveraineté fit passer celle-ci de la personne du roi à celle de la nation. Mais, plus s'accentue l'évolution d'un régime politique vers la souveraineté du peuple et plus apparaît avec évidence la nécessité absolue de rendre ce nouveau souverain apte à remplir sa tâche; or, les efforts faits jusqu'ici pour éduquer la démocratie ont abouti à la plus complète et à la plus lamentable faillite. Le résultat est que, l'entreprise gouvernementale devient immense et que ses limites sont de plus en plus imprécises; la guerre, grandissant encore l'importance de l'Etat, a aggravé cette situation.

Les fonctions multiples de l'Etat peuvent cependant être ramenées à 3 groupes : l'Etat gouverne, l'Etat règlemente, l'Etat produit.

La première fonction entraîne l'organisation d'une police intérieure, gardienne de l'ordre public contre les éléments de trouble que tout groupement social contient et la défense diplomatique et militaire contre les gouvernements étrangers. La police entraîne la justice, nouvelle fonction. D'autre part, l'Etat pourvoit aux besoins de certains services d'intérêt commun : monnaies, enseignement, hygiène publique, etc... et aux entreprises intéressant l'avenir du pays : préservation des richesses naturelles, travaux de durée considérable... Enfin, il doit procurer, au moyen des impôts et des emprunts, les ressources dont la société a besoin pour ses œuvres collectives.

Par son rôle de règlementation et de contrôle il intervient de plus en plus dans tous les domaines; c'est ainsi que le code du travail est sur le point de devenir le plus volumineux de tous et que l'on a vu apparaître successivement les consortiums, les tarifications de produits, les impôts devant servir à corriger les inégalités de richesse, etc...

Le troisième de ces rôles se manifeste lorsque l'Etat entreprend de se faire lui-même producteur ou de gérer un service public; quand, pour des préoccupations de sécurité ou de tout autre ordre sont établis les manufactures d'armes, les arsenaux, les fabriques d'allumettes, le monopole des postes, télégraphes et téléphones. On trouve ainsi 23 spécialités qui ont été abordées, mais dans aucune desquelles, malheureusement, il n'a réussi. Aussi l'Etat est-il à la fois le plus considérable et le plus mauvais industriel de France et c'est d'ailleurs aujourd'hui une banalité que de

(1) Un volume, format 18 cm × 12 cm, 261 p., édité par Bernard Grasset 61, rue des Saints-Pères, Paris. Prix : broché, 6,75 fr.

(2) H. FAYOL. L'incapacité industrielle de l'Etat. Les P. T. T.

Digitized by Google

constater le lamentable résultat obtenu dans ces interventions indéfiniment étendues de l'État.

II. L'organisation du gouvernement. — Sans aller, jusqu'à se représenter l'État, avec Bastiat, comme « une grande fiction au travers de laquelle tout le monde cherche à vivre au dépens de tout le monde », il est certain qu'il est difficile de lui trouver une définition convenable. Il a sans doute une réalité, celle des individus qui gouvernent, mais il faut reconnaître que le grand public a une tendance par trop marquée à augmenter cette personnification.

En nous tenant à ce qui existe réellement, nous trouvons d'abord ceux qui peuvent prendre des décisions et dicter des ordres. Les premiers sont les gouvernants proprement dits, les autres, formant l'Administration publique, sont les fonctionnaires.

1° *Les gouvernants.* — L'évolution vers les tendances démocratiques a pour résultat la dispersion progressive du pouvoir et cela ne paraît pas être un avantage. On peut dire en effet que, si les monarques du droit divin avaient peu souvent les aptitudes indispensables pour gouverner leurs sujets, ces aptitudes sont également très rares dans l'ensemble des représentants de la volonté nationale; les raisons en sont le nombre, l'incompétence, le défaut d'éducation démocratique. La volonté du corps électoral n'est pas celui de la Nation; le seul fait qu'elle émane d'une majorité d'individus mis arbitrairement sur le pied d'égalité absolue, sans distinction de capacité ni de compétence, montre qu'elle n'exprime pas la volonté d'une élite, ce qui serait à peine suffisant. Et ceci est encore aggravé par une incompétence profonde des questions économiques, l'opinion publique se désintéressant par trop de leur discussion préférant des luttes inutiles de pure politique ou même des questions de personnes assurément sans avantage pour l'intérêt général du pays. Le corps électoral devient alors, dans ces conditions, à la merci des partis assez adroits pour exploiter ses défauts.

Cette inaptitude se retrouve encore plus forte, plus concentrée et plus dangereuse en la personne des ministres; ceux-ci, appelés souvent par le hasard à une fonction trop vaste, sont à la tête d'affaires orientées déjà dans un sens au moyen d'un appareil administratif, dont l'inertie est considérable; aussi doivent-ils, en pratique, se borner à signer des ordres conçus avant leur arrivée et qui seront exécutés vraisemblablement après leur départ.

Au dessus d'eux, le Président de la République paraît avoir les pouvoirs nécessaires au chef de cet entreprise que serait l'État. Mais la pratique a conduit à un résultat tout autre, puisque le chef de l'État ne peut faire aucune action personnelle et que ses actes ne sont que la confirmation de décisions du Parlement ou des ministres.

2° *Administrations publiques.* — Environ 8 000 fonctionnaires exécutent les ordres donnés par les « gouvernants » et font rentrer leurs idées dans le domaine de la pratique. Ils ont à faire preuve de qualités nombreuses qui se différentient et s'échelonnent aux divers degrés de leur hiérarchie, la capacité professionnelle qui est suffisante aux échelons inférieurs, faisant peu à peu place à la capacité administrative, nettement prépondérante chez les grands chefs de services. Mais il s'agit de savoir si ces fonctionnaires sont placés dans des conditions favorables à la manifestation de ces qualités. Remarquons qu'ils se divisent de plus en plus en deux groupes : les personnalités de valeur, bientôt désabusées, qui, à la première occasion, réparerent ce qu'elle considère comme étant une erreur en se dirigeant vers les emplois des entreprises privées plus disposées à reconnaître leur valeur propre et leurs efforts et, d'autre part, les individus prédestinés à leur emploi par des qualités particulières; ceux-ci seront ainsi privés de chefs véritables.

Le fonctionnaire français n'a d'ailleurs pas suffisamment d'indépendance, même lorsqu'il gère un service public; aussi l'autorité d'un chef n'est-elle qu'une autorité toute relative, entraînant une responsabilité relative pratiquement nulle. C'est là un résultat dont l'importance est considérable, car c'est lui qui engendre l'état sous lequel nous vivons, à la fois illogique et arbitraire, par lequel la responsabilité individuelle du fonctionnaire coupable échappe aux sanctions normales de la justice.

III. Le bilan de l'entreprise gouvernementale. — Les résultats, déjà visibles avant la guerre, ont été tellement mis en lumière par celle-ci, qu'il n'est pas possible à une personne de bonne foi et de bon sens de contester l'incapacité, l'impuissance et la maladresse de l'État, ainsi que les tares profondes apportant un obstacle insurmontable à son fonctionnement.

1° *Les faits.* — Il y a trop de différence entre les trois rôles que remplit l'État pour que, simultanément, ils soient remplis convenablement. Il est des conditions édictés par le bon sens, indispensables à la vie de toute entreprise normale; l'État, dans ses exploitations industrielles et commerciales n'en remplit aucune : le capital, est remplacé par un crédit d'un an, au delà duquel l'incertitude est complète, aucune réserve pour l'éviter n'étant tolérée; il est morcelé pour les applications, ce qui diminue leur importance, et au contraire rassemblé en une même comptabilité, ce qui empêche tout contrôle sérieux. Les spécialistes formant le personnel se transforment bientôt en fonctionnaires dont le plus grand nombre échappent à l'autorité du chef pour relever de celle des gouvernants. Quant au matériel, son insuffisance est le résultat de la limitation des crédits et surtout de leur incertitude. Enfin, dans la gestion de ses propres entreprises, l'État sacrifie à peu près tout le côté commercial; aussi la liquidation des stocks américains, la gestion de la flotte d'État, la détresse des régions libérées, en sont la conséquence. Des exemples par trop nombreux montrent que le Gouvernement devrait laisser ces questions, pour se consacrer à assurer la sécurité du pays et à lui procurer les ressources dont il a besoin.

Si son incapacité est complète en ce qui concerne la production, elle est aussi certaine, quoique bien moins apparente, au sujet de la règlementation et, pour remplir très mal ces deux fonctions, il est amené à sacrifier les autres qui sont essentielles.

2° *Les causes.* — L'État, dans la présente organisation, est une entreprise sans chef, dans laquelle par conséquent aucune des cinq opérations fondamentales de l'administration : prévoyance, organisation, commandement, coordination et contrôle, n'est accomplie. Le manque de prévoyance notamment a des conséquences graves; c'est lui qui fait que la France, épuisée par la guerre, est entrée dans la paix sans aucune préparation; elle a perdu l'une après l'autre toutes les compensations qu'elle pouvait espérer du fait de sa victoire et demeure plus seule qu'elle ne l'était avant la guerre, dans le désarroi et bientôt peut-être dans la ruine. La leçon est assez claire et assez rude pour que tout commentaire soit inutile.

La fonction de contrôle, qu'il pourrait mieux remplir que les autres si elle restait simple et logique, est aussi mal comprise. Il fait en effet contrôler, non pas les résultats de ses entreprises, mais l'application stricte des règlements minutieux, contradictoires, tracassiers et stériles au moyen desquels il croit donner l'illusion qu'il administre.

Digitized by Google

IV. La doctrine administrative et le problème du gouvernement. — Ainsi donc l'Etat surchargé de fonctions diverses les remplit mal et est amené à sacrifier la plus essentielle, qui est celle de gouverner. Pour remédier à cet état de choses, de nombreux projets ont été élaborés; nous pouvons les ranger en trois classes : les premiers envisagent une modification de la forme politique du gouvernement, soit par changement complet du régime, soit par modication de la Constitution; les deuxièmes sont basés sur la destruction des institutions actuelles, propriété privée, capitalisme, etc., en général par des moyens violents; les derniers, enfin, comprennent non seulement cette supression mais aussi le souci de reconstruire, ils portent tous sur le développement de cette institution qu'est le syndicat.

Il ne semble pas que ces divers moyens puissent être efficaces; sans s'attarder à relever les erreurs qu'ils peuvent contenir, remarquons que la source des désordres est une mauvaise administration et que c'est à cette source même qu'il faut s'attaquer; or, aucun des projets précédents n'envisage cette question.

Au contraire, la doctrine administrative s'appuie tout entière sur cette constatation. Ses défenseurs pensent que les hommes font ce qu'ils peuvent et qu'il y a, parmi les gouvernants, des intelligences de premier ordre et souvent même un souci sincère de l'intérêt général. Ils n'accusent point la forme du gouvernement, la monarchie ou la république ayant les mêmes chances de tomber dans l'erreur capitale et ayant à peu près les mêmes moyens d'y remédier; aussi n'envisagent-ils la question que de la façon suivante : il faut considérer l'entreprise gouvernementale comme une affaire à lancer et à faire prospérer. Dans ce but, l'entreprise doit d'abord être réduite, pour ne plus être hors de proportion avec la capacité de direction d'un chef; on supprimera tout ce qui n'est pas indispensable, ne gardant que les attributions essentielles, c'est-à-dire toutes celles qu'aucun organe, autre que le gouvernement, ne peut revendiquer, tandis que celui-ci y est naturellement appelé par ses aptitudes et ses capacités propres. Il est à remarquer que les affaires ainsi abandonnées peuvent être importantes en elles-mêmes; leur gestion sera laissée à des entreprises privées qui sauront certainement leur donner un autre essor. Il faudra ensuite réorganiser le gouvernement ainsi ramené à son vrai rôle.

Notons que la doctrine administrative, bien que d'application générale, doit cependant subir un certain travail d'adaptation lorsqu'il s'agit d'une entreprise aussi particulière que celle que nous considérons ici; en particulier, pour permettre la coordination de la fonction des chefs et celle du rouage administratif qui n'a d'équivalent dans aucune autre entreprise, pour exprimer et individualiser la volonté collective qui l'anime et la dirige, pour déterminer quel doit être le rôle de certains organes, les ministres par exemple, qui sont aussi tout à fait particuliers.

V. Le désencombrement de l'Etat. — Le principe étant admis, il est plus difficile de déterminer comment seront exploités les services retirés à l'administration maladroite actuelle. On a surtout proposé deux systèmes :

Le premier, la nationalisation des entreprises d'Etat, est longuement exposé puis critiqué par l'auteur qui signale de nombreux inconvénients. Ce projet est, théoriquement, basé sur les cinq principes que nous avons indiqués comme essentiels, mais sa réalisation pratique ne conduit pas au but que l'on pourrait prévoir. On ne trouve pas « un seul chef et un seul programme », mais douze chefs répartis en trois groupes ayant des programmes très différents, il ne peut donc y avoir unité de direction. Egalement, l'autorité, la responsabilité et la discipline paraissent y être difficilement maintenues; enfin la question du personnel, lequel est indépendant de la direction, créerait certainement un très gros obstacle.

L'autre est le régime de « self administration » défini et défendu par R. Favarcille (1), il ne va à l'encontre d'aucun des principes précédemment posés. Une première catégorie de ces services industriels (Imprimerie nationale, Journal officiel, Manufacture de Sèvres...) pourraient être transformés en sociétés absolument autonomes, ayant la plénitude de leur capacité financière et technique. Une deuxième comprendrait les services monopolisés (Tabacs, Poudres...) que l'on peut concevoir organisés comme les premiers, en réservant le contrôle de l'Etat. Pour une troisième catégorie (Arsenaux, Manufactures de l'Intendance...) on ne peut séparer le capital national du capital de l'entreprise; la seule solution serait alors de leur donner une autonomie financière complète, l'établissement prenant en charge, comme capital constitutif, une partie des sommes considérables que, depuis leur fondation, la Nation a investi en elles, et ayant à répondre de cette créance au cours de sa gestion ultérieure.

On peut enfin concevoir la *désétatisation* non plus absolue mais relative, soit en réservant une part prépondérante, souvent exclusive, à l'action gouvernementale, soit en lui donnant une part diminuant peu à peu, jusqu'à devenir un simple contrôle.

D'ailleurs, ce ne sont là que des indications d'une politique gouvernementale; l'auteur n'en veut pas faire la préparation dans tous les détails mais orienter seulement les recherches suivant deux méthodes ayant le même résultat final : enlever certaines exploitations qui gênent l'Etat et diminuer le rôle de celui-ci dans celles qu'il conserve.

VI. La règlementation sans l'Etat. — On peut aller plus loin encore et se demander si l'Etat ne pourrait pas être déchargé au moins en partie du soin de réglementer le domaine presque entier de la vie économique et politique du pays. A mesure que s'étend cette réglementation, il disperse son attention, au détriment des questions importantes qui s'accumulent, prennent rang et ne sont discutées que très tard, après que sont passées une foule de questions sans intérêt. D'ailleurs cette réglementation à l'excès est faite par des parlementaires que leur situation n'a guère préparés à ce travail et qui, au surplus, n'ont que très peu de temps à lui consacrer.

1° A l'intérieur, on distingue deux domaines dans les interventions de l'Etat. Tantôt ses règles correspondent à un besoin général du pays (organisation de l'armée, de l'instruction), tantôt elles servent uniquement à supprimer un antagonisme entre deux catégories d'individus (réglementation des heures de travail, taxation de produits). Le premier paraît être nettement de son ressort, mais il semble que le deuxième pourrait être diminué jusqu'à la suppression. Il semble possible d'obtenir sur ces points une solution sans l'intervention de l'Etat. Le syndicalisme a, dans ce sens, un effet intéressant qui serait certainement amplifié s'il était inspiré par un esprit plus calme. Parallèlement à cette action syndicale s'exerce l'action coopérative qui peut prendre une certaine envergure (coopératives de reconstruction des régions libérées). Le régionalisme contribue lui aussi à désagréger l'immense domaine que l'Etat avait entrepris d'administrer.

(1) R. Favareille. *Réforme administrative par l'autonomie et la responsabilité des fonctions. Self administration.* Un volume édité par Albin Michel.

Digitized by Google

2° A l'extérieur, la règlementation douanière est faite en considérant à peu près uniquement l'intérêt des producteurs, mais ce système économique étroit ne peut que difficilement se concilier avec les nécessités créées par le développement des sociétés et l'évolution des relations internationales au lendemain de la guerre. D'autre part, il est certaines règlementations, comme celles du travail, de l'hygiène, qui ne peuvent plus être considérées comme des questions de police intérieure d'un état et qui tendent vers une législation uniforme pour tous les pays. Après les périodes d'économie individuelle, familiale, urbaine et nationale qui se sont succédées dans l'histoire ce serait l'acheminement vers la période mondiale et la Société des Nations serait une tentative dans ce sens, malheureusement par trop anticipée. On peut dès à présent considérer comme inévitable la création d'un organe placé au-dessus des gouvernements et devant s'occuper des relations entre états et de concilier leurs intérêts. Le résultat sera un nouveau désencombrement de l'Etat et ce n'est plus alors une utopie d'imaginer le gouvernement ramené à sa fonction propre.

VII. Le gouvernement désencombré et son personnel. — Nous avons vu qu'il faut avant tout un chef dont la valeur et l'activité déterminent le rendement des institutions gouvernementales, autour de ce chef, est un rouage spécial : le conseil des ministres. A l'étranger, trois procédés ont été appliqués : en Allemagne avant 1914, un seul ministre, le chancelier, soumis à l'autorité de l'empereur et véritable chef des secrétaires d'Etat qui étaient plus ses délégués que des ministres; en Amérique au contraire, un président personnellement responsable de ses actes et de ceux de ses ministres; la Grande-Bretagne a adopté une solution intermédiaire assurant la collaboration étroite des services politique et technique du gouvernement. On estime qu'il y a dans cette dernière institution, trop peu connue chez nous, un des éléments fondamentaux de la vie politique de ce pays : la stabilité et la continuité de vues; d'autre part, ce genre d'organisation répond aux principes énoncés dans le premier chapitre de cet ouvrage. Enfin, on a remarqué dans ses services une tendance très marquée à la déconcentration, les fonctionnaires des différents grades prenant l'habitude de trancher eux-mêmes les questions qui sont de leur compétence, sans en référer nécessairement à leurs supérieurs; ceux-ci, débarrassés de cette manière, peuvent mieux se consacrer aux affaires qui les concernent plus directement.

La doctrine administrative, rencontrant deux spécialités parlementaires, l'une de compétence politique et parlementaire, l'autre de compétence administrative, voit dans leur dualité un obstacle insurmontable à son application. Aussi la supprime-t-il en admettant la subordination du chef du service technique compétent et stable au service parlementaire instable. Le ministre a, dès lors, les attributions suivantes : 1° établir la liaison entre un département ministériel et le Parlement; 2° apporter au Conseil des Ministres toutes les informations relatives à son département; 3° contrôler l'exécution des instructions qu'il a données.

Cette exécution est assurée par un personnel, tout différent du précédent, a la tête duquel un directeur général assure l'unité de commandement. Ses fonctions sont : 1° obtenir, *sous sa propre responsabilité*, l'exécution des instructions reçues du ministre; il a pour cela complète liberté d'action; 2° servir de liaison entre son service et le ministre. Ceci conduit à établir en France le principe caractéristique du droit administratif anglais, qui est la responsabilité de chaque ministre devant le Parlement et celle de chaque fonctionnaire devant les juges de droit commun. Quelle serait alors la difficulté de recrutement d'un tel personnel? Certainement on trouverait en France le nombre voulu d'individus capables d'assurer de telles fonctions, à condition cependant que leur recrutement soit basé sur la valeur propre; mais il serait plus délicat de les maintenir en fonction, le danger d'une mésentente étant relativement grand lorsque l'autorité supérieure est celle d'un ministre pour lequel l'intérêt général est, malgré tout, primé par un intérêt électoral particulier. Il sera notamment indispensable de défendre le personnel contre la guerre sourde à laquelle la vie parlementaire familiarise si vite; sur ce point, la législation relative à la diffamation devrait être fort développée.

VIII. L'administration du gouvernement désencombré. — Examinons maintenant de quelle manière ces agents vont remplir leur tâche. Il serait possible de laisser le président à la tête de l'Etat, en conservant son mode d'élection et ses attributions; on a proposé d'étendre son rôle, mais les résultats obtenus aux Etats-Unis, où sa puissance est portée assez loin, le déconseilleraient plutôt. Au contraire, le changement apporté dans la composition des ministères serait assez important : le chef du conseil serait obligatoirement sans portefeuille, car il doit s'occuper de l'ensemble des opérations, de mettre la coordination indispensable entre tous les services, c'est là un travail déjà fort lourd pour l'activité d'une seule personne. De même il n'aurait sous ses ordres qu'un nombre restreint de subordonnés afin que leur collaboration avec lui soit réelle : ces derniers seraient responsables devant lui avant de l'être devant le Parlement. Il s'agirait alors de condenser en six départements l'extraordinaire complication de directions et de services créés sous l'autorité de quelque vingt-cinq ministres et sous-secrétaires d'Etat; on pourrait adopter la répartition suivante : I. Sécurité intérieure; II. Sécurité extérieure; III. Economie nationale (outillage, production, commerce, enseignement, institutions sociales); IV. Colonies et protectorats; V. Relations internationales; VI. Finances.

La première tâche leur incombant serait l'établissement d'un programme de gouvernement dont la confection entraînerait, à elle seule, une transformation profonde dans le jeu de nos institutions. Ensuite viendrait la création, dans chaque branche, d'un service renseignant avec exactitude sur les besoins du pays et les moyens d'y pourvoir. Ces besoins connus, le directeur général donnerait des instructions; les ministres surveilleraient l'exécution de celles-ci et contrôleraient leurs résultats. Pour ce travail, chaque ministre serait assisté, non seulement par ses collaborateurs personnels, mais par d'autres personnes et ce serait le rôle des contrôleurs ou inspecteurs actuels de l'armée, du travail, de l'instruction publique, etc., adaptés à cette nouvelle fonction précise.

Mais à cette réforme du travail assuré par l'élément politique doit correspondre une réforme du travail législatif du Parlement, car cette organisation, si parfaite soit-elle, ne pourra fonctionner que si les travaux parlementaires s'effectuent eux-mêmes régulièrement, sans embouteillage et sans à-coup.

Dans ces conditions il devient possible d'appliquer à l'administration ainsi décrite, sans apporter de bouleversement, les procédés et méthodes de la doctrine administrative. Dans tous les services, du plus infime jusqu'au supérieur, le travail s'effectuerait en employant les procédés suivants : 1° la table d'organisation, établissant la dépendance et les attributions de chaque service, évitant par là les hésitations, les chevauchements et les doubles emplois; 2° le programme d'action, appuyé sur les prévisions nécessaires; 3° la confé-

Digitized by Google

rence des chefs de services dans laquelle ils rendront compte de leurs actes et recevront des directives; 4° la passerelle, devant substituer la communication de service à service à la transmission hiérarchique; 5° l'étude des temps, de façon à obtenir dans les services les mêmes avantages que ceux qui sont obtenus de cette manière pour tout travail de production.

Il est à signaler que cette application de la doctrine administrative est déjà passée dans le domaine des réalités, le ministre de la Défense nationale belge, M. A. Devèze, en ayant commencé l'adaptation à ses services en avril 1921. Il en a d'ailleurs obtenu, presque aussitôt, des résultats fort encourageants.

Conclusion. — L'auteur conçoit combien les modifications que l'on vient de développer heurtent les idées courantes et constituent un bouleversement profond dans nos habitudes; il estime cependant que, pour la France, ou elle continuera à n'être pas et à ne pouvoir pas être gouvernée, ou bien on comprendra que l'administration de l'Etat est, comme toute autre, obligée de suivre certaines règles. Il résume les caractères essentiels de la transformation à opérer et du nouvel état de choses après cette transformation. Il faut au monde nouveau d'après guerre une politique nouvelle; le moyen préconisé n'implique cependant aucun bouleversement révolutionnaire et il est, dans la pensée de l'auteur, le seul capable de parer au déséquilibre du budget et d'éviter la banqueroute. Jamais, sans doute, il n'a été plus indispensable d'augmenter la production et de multiplier les échanges, mais ce n'est pas la tâche de l'Etat, c'est celle d'individus et de groupements libres.

La preuve de l'insuffisance et même du danger de la situation actuelle est maintenant faite et cette constatation négative appelle le changement; peut-on espérer qu'il sera fait? « Il faut à la France un gouvernement; à ce gouvernement, il faut un chef; à ce chef il faudra la capacité administrative telle que nous l'avons définie, au degré suffisant pour susciter et régler l'énorme effort d'organisation qui s'impose, et prévoir, suivant la saisissante expression de Verhaeren, les temps inexorables qui vont venir. »

E. Beinet.
Ingénieur E. S. E.

Assemblées générales

Compagnie lorraine d'Électricité.

Assemblée générale annuelle du 14 juin 1922.

L'assemblée générale extraordinaire du 16 mars 1922 a décidé de clore l'exercice 1921 au 31 décembre, en vue de faire concorder dorénavant l'année sociale avec l'année civile : c'est donc d'un exercice réduit, exceptionnellement, à une durée de neuf mois (1er avril-31 décembre) que le Conseil rend compte.

Le fonctionnement des usines et des réseaux n'a donné lieu à aucun incident notable, grâce à la remise en état minutieuse effectuée dès l'armistice et aux soins constants dont il est l'objet.

La compagnie procède actuellement, à Vincey, au remplacement par un groupe de 12 500 kw du groupe n° 2 de 6 000 kw, qui, enlevé pendant la guerre de l'usine de Nancy, va y reprendre sa place; l'adjonction, dans cette usine, de deux chaudières qui fourniront le supplément de vapeur nécessaire.

La mise en service de la ligne d'État Vincey-Laneuveville, est venue doubler la capacité de transmission de la ligne Vincey-Nancy, en assurant à cette artère importante une sécurité particulière.

En présence de l'accroissement considérable de la charge du réseau, la compagnie a décidé et commencé l'établissement d'une puissante ligne de transport entre Vincey et Etival, susceptible d'amener dans la haute et moyenne vallée de la Meurthe jusqu'à 30 000 kw. Cette nouvelle artère accroîtra la régularité de la tension et la sécurité de l'exploitation.

Des groupes compensateurs vont, en outre, être installés dans les sous-stations de la haute vallée de la Meurthe, en vue d'assurer jusque dans les parties les plus éloignées du réseau une stabilité irréprochable.

Grâce à la diversité de son industrie régionale, la compagnie n'a pas, jusqu'à présent, ressenti autant qu'on aurait pu le craindre les conséquences commerciales de la crise économique actuelle.

La puissance desservie est passée de 49 000 kw au 1er avril à 56 000 au 31 décembre et le nombre des kilowatts-heure vendus dans la même période s'est élevé à 57 millions contre 44 millions dans les neuf mois correspondants de 1920.

Sollicité d'apporter son concours à l'électrification des zones où la faible densité de population n'a pas permis jusqu'à présent d'établir des réseaux susceptibles d'une rémunération, si minime soit-elle, le Conseil a étudié, en complet accord avec l'Administration, la constitution de syndicats de communes, dont la réalisation sera l'œuvre des deux ou trois années qui vont suivre. Il s'agit là d'une entreprise d'intérêt général plutôt que d'ordre industriel.

Au point de vue financier, l'effort de la société se traduira sous forme d'immobilisations complémentaires dans ses centrales, les communes prenant à leur charge l'exécution des réseaux.

Le Conseil rend compte ensuite de l'état des sociétés filiales ou en participation :

Société vosgienne d'Électricité. — Les ventes d'énergie ont poursuivi leur progression : l'exercice 1921 s'est clôturé par un bénéfice de 190 000 fr qui a permis la distribution d'un dividende de 7 pour 100. Au cours de l'exercice, la société, en vue de se procurer les ressources nécessaires au développement de ses réseaux dans les hautes vallées de la Moselle et de la Moselotte, a doublé son capital : celui-ci se trouve ainsi porté à 2 400 000 fr. Elle a, de plus, procédé à une émission d'obligations.

Energie électrique de Meuse et Marne. — Le dividende est passé de 7 à 7,5 pour 100 avec un bénéfice brut de 720 000 fr. Le capital vient d'être porté de 4 800 000 fr à 7 200 000 fr.

Digitized by Google

Les ressources résultant de cette augmentation et de l'émission d'obligations consécutive vont permettre à la société d'augmenter ses moyens de production et d'étendre ses réseaux de transmission et de distribution.

Ces deux sociétés ont, l'une et l'autre, au cours de l'exercice, obtenu la régularisation de leurs concessions d'État suivant la formule des nouveaux cahiers des charges.

Energie-Eclairage. — Cette société met en paiement un dividende de 8 pour 100, égal à celui de l'exercice précédent. Elle a été amenée, au cours de l'exercice, à prendre une participation importante dans l'Union gazière et électrique et elle a, en outre, apporté un concours prépondérant à la constitution de la société Gaz et Électricité de la Basse-Moselle. Elle a, de la sorte, étendu considérablement au nord et à l'est son champ d'action, et assure, dès maintenant la distribution dans le bassin de Longwy et dans la région si industrielle de Thionville, entre l'ancienne frontière et la Moselle.

Société meusienne d'Électricité. — Le bénéfice de l'exercice 1921 est de 61 000 fr et va permettre la distribution d'un dividende de 5 pour 100 net.

Société d'Éclairage et de Force motrice par l'Électricité de Saint-Dié. — L'exploitation est en amélioration sensible. Le bénéfice permettra la distribution d'un dividende de 8 pour 100. L'accord s'est établi avec la Ville pour le renouvellement de la concession pour une durée de quarante ans.

Société électrique du Toulois. — Cette société a porté, en 1921, son capital à 750 000 fr. Elle prévoit, pour l'exercice 1921, un dividende de 7 pour 100.

Compagnie générale Senonaise. — La situation de cette société n'est pas encore définitivement fixée : la compagnie a entièrement terminé la reconstitution de ses réseaux et elle en assure la gérance.

Les produits industriels, commerciaux et divers s'élèvent, pour l'exercice 1921, à 4 897 688,25 fr.

Il a été déduit de ces produits :

1° L'intérêt aux obligations représentant l'intérêt de neuf mois;

2° La somme de 438 500 fr qui a été portée au compte « fonds d'amortissement »;

3° La somme de 1 100 000 fr affectée au compte « fonds de renouvellement »;

4° Une somme de 300 000 fr pour amortissement partiel des frais d'émission qui ne figurent plus ainsi à l'actif du bilan que pour 124 972,85 fr.

Le bénéfice de l'exercice ressort à 1 423 203,90 fr; il est réparti comme suit :

5 pour 100 à la réserve légale; attribution du dividende statutaire de 5 pour 100 l'an sur le capital libéré, soit 3,75 pour 100 pour neuf mois.

Sur le solde, un prélèvement statutaire de 10 pour 100 pour le Conseil; un dividende supplémentaire de 2 fr par action.

Le solde des bénéfices, 496 214,35 fr, auquel s'ajoute le report de l'exercice précédent 451 850,90 fr, forme un disponible de 948 065,25 fr, qui est reporté à nouveau.

Le dividende de 5,75 fr par action entièrement libérée et de 2,9375 fr par action libérée d'un quart, impôts à déduire, est mis en paiement à partir du 26 juin 1922.

BILAN AU 31 DÉCEMBRE 1921.

Actif.

	fr
Concessions, terrains, postes, canalisations et branchements Nancy	11 111 200 »
Concessions, terrains, postes, canalisations, réseaux communaux et branchements distribution régionale	19 964 700 »
Entreprise d'incinération	895 600 »
Immeubles, terrains et usines Nancy	4 718 200 »
Immeubles, terrains et usines Vincey et distribution régionale	19 456 200 »
Mobilier, compteurs, installations d'abonnés Nancy	1 641 800 »
Mobilier, compteurs, installations d'abonnés Vincey et distribution régionale	1 245 800 »
Travaux en cours	5 629 803,90
Caisse et banquiers	503 747,50
Actionnaires	10 500 000 »
Débiteurs divers	8 184 866,35
Marchandises en magasin et approvisionnements	9 333 081,20
Titres et participations	3 631 615 »
Achats et commandes en cours	1 193 060,05
Frais de constitution	1 »
Frais d'émission	124 972,85
Frais d'étude et de mise en route	1 »
Prime de remboursement	447 410 »
Dommages de guerre	670 787,50
	99 252 846,40

Passif.

	fr
Capital	20 000 000 »
Réserve légale	72 157,55
Fonds d'amortissement	7 400 000 »
Fonds de renouvellement	5 494 682,40
Obligations 4 pour 100, 4,5 pour 100 et 6 pour 100	44 120 000 »
Travaux en cours, fournisseurs et créditeurs divers	18 717 186,15
Coupons à payer, obligations à rembourser	1 573 765,50
Profits et pertes :	
Reliquat des exercices antérieurs	451 850,90
Exercice 1921	1 423 203,90
	99 252 846,40

Digitized by Google

SECTION DE LÉGISLATION

Législation, jurisprudence, réglementation

Sur une proposition de loi tendant à réprimer l'usurpation des titres professionnels (titres d'ingénieur, d'architecte, etc...).

Nos lecteurs n'ont certainement pas oublié la campagne menée en vue de réglementer l'attribution du titre d'ingénieur. A la suite de cette campagne une proposition de loi fut déposée à la Chambre des Députés en vue de réprimer l'usurpation des titres professionnels. Cette proposition a été l'objet d'un rapport déposé par M. Félix Liouville à la séance de la Chambre des Députés du 27 juin 1922, au nom de la Commission de la Législation civile et criminelle. Voici le texte de ce rapport qui vient d'être publié au « Journal officiel » du 22 août, page 1236 des « Documents parlementaires, Chambre », annexe n° 4568. Comme on le verra par sa lecture, le rapporteur estime qu'il convient de protéger les titres professionnels dont l'attribution est déjà réglementée, comme ceux de pharmacien, médecin, ingénieur agronome, ingénieur agricole, mais qu'on ne saurait encore le faire pour les titres d'ingénieur et d'architecte.

Messieurs, la proposition de loi que plusieurs de nos collègues ont déposée dans le but de réprimer l'usurpation des titres professionnels contient deux dispositions distinctes.

L'une, d'ordre général, visant tous les titres professionnels qui ont été légalement réglementés, tend à réprimer leur usurpation au moyen des peines prévues par l'article 259 du Code pénal; c'est essentiellement la disposition contenue dans l'article 3.

L'autre vise deux professions déterminées dont le titre n'a pas été encore réglementé et tend à ce que cette réglementation soit faite par décret rendu en conseil d'Etat. C'est ce que prévoit l'article 2 de la proposition de loi, dont l'article 1er ne constitue, en quelque sorte, que la préface.

La première de ces dispositions, celle de l'article 3, ne peut souffrir de difficultés et ne rencontrera sans doute aucune opposition. Elle se borne, en effet, à étendre, d'une façon générale, à tous les titres professionnels réglementés les sanctions dont profitent déjà plusieurs professions en vertu de lois spéciales. C'est ainsi que les professions et les titres de pharmacien, d'herboriste, de dentiste, de sage-femme, de médecin sont réglementés et que l'usurpation de ces titres est réprimée pénalement. De même et récemment, une loi du 2 août 1918 a interdit l'usurpation du titre d'ingénieur agronome et d'ingénieur agricole sous la sanction de ce même article 259 du Code pénal que vise la proposition de loi qui vous est soumise.

Votre commission a pensé qu'il convenait de ne pas limiter à ces seules professions des sanctions qui intéressent encore plus le public que les professionnels eux-mêmes parce qu'elles ont pour but de le protéger contre des usurpations qui peuvent gravement lui nuire.

Alors que l'exercice et le titre d'ingénieur agronome ou ingénieur agricole sont protégés par un texte pénal contre les usurpations qui peuvent les atteindre, comment n'en serait-il pas de même, d'une façon générale, pour toutes les professions que des lois ou des décrets auront réglementées parce qu'il était de l'intérêt général qu'elles le fussent?

La proposition de loi qui vous est soumise ne vise exclusivement que celles-là et non d'autres, c'est-à-dire qu'elle ne sera applicable qu'aux professions déjà réglementées ou à celles qui pourraient le devenir. Elle présente donc toutes garanties de ne servir que les intérêts généraux du public et paraît, pour cela, devoir recueillir vos suffrages.

Votre commission vous demande donc d'adopter le principe posé par l'article 3 de la proposition avec la modification qu'elle a apportée à son texte.

La seconde disposition de proposition de loi vise deux professions particulières dont l'exercice et le titre n'ont pas encore été réglementés, encore qu'ils semblent devoir l'être dans l'intérêt général : ce sont les professions d'architecte et d'ingénieur.

Actuellement, toute personne, non seulement démunie de diplôme, mais même sans aucune connaissance technique, peut se dire architecte ou ingénieur, solliciter, à ce titre, la confiance du public et obtenir la commande ou la direction des constructions les plus importantes. De sérieux dangers peuvent en résulter, soit pour les biens, soit même parfois pour la vie et la santé humaines. De nombreux abus ont déjà été signalés.

C'est pour y remédier que les auteurs de la proposition de loi avaient conçu le dessein de faire réglementer l'exercice et le titre de ces professions, ce qui les aurait englobées dans l'application protectrice de l'article 259 du code pénal.

Mais, au sein même de ces professions et plus particulièrement de celle d'ingénieur, des protestations ardentes se sont fait entendre lors du dépôt de la proposition qui vous est soumise.

Ces protestations ne visaient pas, à vrai dire, le principe même de la réglementation, assortie de sanctions pénales, mais le mode de cette réglementation, notamment en ce qui concerne la définition du titre qu'il s'agissait de réglementer et également en ce qui concerne les mesures transitoires destinées à respecter certaines situations acquises.

Bien qu'elles ne fussent pas unanimes, même parmi les ingénieurs et que, d'autre part, les plus importantes sociétés d'architectes aient, au contraire, émis les vœux les plus pressants et les mieux étudiés en faveur de la réglementation, votre commission a estimé qu'elle ne pouvait pas négliger certaines objections qui pouvaient donner lieu à une étude approfondie et délicate.

Votre commission s'est ainsi déterminée à disjoindre la partie de la proposition de loi qui visait les deux professions d'ingénieur et d'architecte et elle ne vous propose, en conséquence, que l'adoption de l'article 3, l'article 2 et l'article 1er qui lui sert, en quelque sorte, de préface, devant être écartés.

Un amendement visant la profession de vétérinaire a été déposé par l'honorable M. René Lafarge et plusieurs de nos collègues.

Cet amendement apporte une preuve nouvelle et précieuse de l'opportunité de la proposition de loi qu'il cherche très justement à étendre à une profession digne à tous égards d'en obtenir le bénéfice.

Il a semblé toutefois à votre commission que la disjonction qu'elle avait décidée en ce qui concerne les professions d'architecte et d'ingénieur devait également être étendue à la profession visée par l'amendement. La proposition de loi

Digitized by Google

se bornerait ainsi à l'énoncé d'un principe général d'où résulterait, pour toutes les professions déjà réglementées ou qui le seraient ultérieurement, une efficace garantie contre les usurpations dont elles sont l'objet.

Votre commission, qui ne s'est pas prononcée contre la réglementation des trois professions susvisées, laisse donc tout à fait intacte la question de cette réglementation en ce qui les concerne.

Si vous approuvez cette manière de voir, vous voudrez bien donner vos suffrages au texte suivant :

Article unique. — Il est ajouté à l'alinéa 1er de l'article 259 du code pénal la disposition suivante :

« Sera puni des mêmes peines quiconque aura fait usage d'un titre professionnel sans remplir les conditions légalement exigées pour le porter. »

Loi relative à des modifications de diverses dispositions de la loi du 29 mars 1920 portant relèvement et de la loi du 31 décembre 1921 portant abaissement de taxes postales, télégraphiques et téléphoniques.

Cette loi, en date du 30 juin 1922, a été publiée dans le « Journal officiel » du 8 juillet, p. 7094; la partie relative aux papiers d'affaires et de commerce, a déjà été reproduite dans le « Bulletin R. G. E. », 22 juillet 1922, t. XII, p. 19 B; pour répondre au désir exprimé par un certain nombre de nos lecteurs, nous reproduisons ci-dessous le texte complet de cette loi.

ARTICLE PREMIER. — L'article 43 de la loi du 31 décembre 1921 est modifié comme suit :

« Le texte du titre II de l'article premier de la loi du 29 mars 1920, portant relèvement de taxes postales, télégraphiques et téléphoniques, est modifié comme il est indiqué ci après :

» II. *Papiers de commerce et d'affaires.* — Les taxes et conditions d'admission sont les mêmes que celles des lettres et paquets clos.

» Par exception, sont admis au tarif de 0,15 fr jusqu'à 20 g :

» 1° Les factures, relevés de comptes ou de factures, bordereaux d'expédition et notes d'honoraires, expédiés sous bande, sous enveloppe ouverte ou sur carte à découvert et ne comportant pas d'indications manuscrites autres que celles afférentes à la date, au nom et à l'adresse du débiteur et du créancier, au numéro de la facture, à la date et au numéro de la commande et du bon de livraison, à la nature des marchandises, à leur quantité, à leur prix, au mode d'expédition, à la nature et au montant des honoraires, à la date, au lieu et au mode de payement;

» 2° Les certificats de vie et les quittances concernant l'exécution de la loi sur les retraites ouvrières et paysannes, expédiés sous pli ouvert. Ces objets de correspondance devront porter du côté de l'adresse, en caractères très apparents, la mention « application de la loi sur les retraites ouvrières et paysannes ».

ART. 2. — L'alinéa *c*) du paragraphe 3 de l'article premier de la loi du 29 mars 1920 est remplacé par la disposition suivante :

III. *Cartes postales.* — « *c*) Cartes postales illustrées dont la moitié du recto est réservée à la correspondance, l'autre moitié à l'adresse et dont le verso est occupé par une illustration, gravure, etc., à l'exclusion de toute autre annotation manuscrite : dix centimes (0,10 fr) ».

Le même paragraphe est complété par un alinéa *d*) ainsi conçu :

« *d*) (nouveau). — La carte illustrée ne portant aucun titre, ainsi que celle portant le titre « imprimé », « imprimé illustré » ou toute autre mention analogue, est passible du tarif des cartes postales illustrées (0,10 fr), alors même qu'elle ne porterait aucun mot de correspondance. »

Le paragraphe 5 (imprimés) du même article est complété par un alinéa *c*) ainsi conçu :

« *c*) Cartes de visite, sous bande ou sous enveloppe ouverte, comportant une inscription manuscrite de un à cinq mots quelconques : quinze centimes (0,15 fr). »

Le paragraphe 7 du même article : « Lettres et boîtes de valeurs déclarées » est complété par les trois alinéas suivants :

« La limite de garantie des valeurs déclarées contenues dans une même lettre ou dans une même boîte est fixée à vingt mille francs (20 000 fr).

Les billets de banque, valeurs, papiers de toute nature, au porteur ou non, et les objets dépourvus de valeur intrinsèque qui, aux termes des lois en vigueur, sont admis à la déclaration quand ils sont insérés dans les lettres, peuvent, aux mêmes conditions, faire l'objet d'une déclaration quand ils sont expédiés sous la forme de boîtes.

» Toutes les dispositions législatives en vigueur concernant l'admission, dans le service intérieur, des lettres et des boîtes de valeur déclarée, sont applicables dans les régimes franco colonial et intercolonial. »

ART. 3. — L'article 5 de la loi du 29 mars 1920 est modifié comme suit :

« Dans le régime intérieur, les objets de correspondance adressés poste restante sont passibles, en sus de la taxe ordinaire d'affranchissement, d'une surtaxe fixe de cinq centimes (0,05 fr) par objet, pour les journaux et écrits périodiques, et de vingt centimes (0,20 fr) par objet, pour toutes les autres correspondances. Si cette surtaxe n'a pas été acquittée au départ, elle est perçue sur le destinataire.

» Sont exemptes de ladite surtaxe les correspondances adressées poste restante aux personnes désignées ci-après qui auront acquitté un droit spécial d'abonnement :

» 1° De dix francs (10 fr) par an, aux voyageurs de commerce, titulaires de la carte d'identité prévue par la loi du 8 octobre 1919 ;

» De vingt francs (20 fr) par an, à toutes les autres personnes. »

ART. 4. — L'article 6 de la loi du 29 mars 1920 est modifié comme suit :

« Des cartes d'identité comportant la photographie, la signature, l'adresse et le signalement du titulaire, valables pendant deux ans, dans les limites du régime intérieur et dans certains pays étrangers désignés par l'administration des Postes et des Télégraphes, peuvent être délivrées par cette administration, dans des conditions qui seront fixées par arrêté ministériel et moyennent le payement d'une taxe de un franc (1 fr), qui sera représentée par une figurine apposée sur lesdites cartes. »

ART. 5. — L'article 14 de la loi du 29 mars 1920 est complété par la disposition suivante :

« La taxe de renouvellement des mandats et des bons de poste ne peut, en aucun cas, être supérieure à la moitié du montant du titre lui-même forcé au décime, s'il y a lieu. »

ART. 6. — L'article 19 de la loi du 29 mars 1920 est complété par le paragraphe suivant :

« Ces dispositions seront appliquées dans les relations franco coloniales et intercoloniales. »

ART. 7. — Le paragraphe *f* de l'article 22 de la loi du 29 mars 1920 est remplacé par la disposition suivante :

« *f*) Par télégramme à remettre poste restante ou télégraphe restant : vingt centimes (0,20 fr). Toutefois sont exempts de cette taxe les télégrammes adressés « poste restante » ou « télégraphe restant » aux personnes visées aux deux derniers alinéas de l'article 5 qui auront acquitté le droit spécial d'abonnement fixé à 10 fr ou à 20 fr par an. »

ART. 8. — La date et les conditions d'application des dispositions de la présente loi seront fixées par arrêtés ministériels.

La présente loi, délibérée et adoptée par le Sénat et la Chambre des Députés, sera exécutée comme loi de l'Etat.

Fait à Paris, le 30 juin 1922.

Digitized by Google

REVUE GÉNÉRALE DE L'ÉLECTRICITÉ

Organe de l'Union des Syndicats de l'Électricité

réunissant

LA REVUE ÉLECTRIQUE 1904-1916 — LA LUMIÈRE ÉLECTRIQUE 1879-1916

DIRECTEUR : J. BLONDIN, Agrégé de l'Université.

6e ANNÉE. — TOME XII. — N° 14. — 7 OCTOBRE 1922.

Chronique. — A propos d'une note « sur les conditions que doivent remplir les factures pour profiter du tarif réduit d'affranchissement ». — Bibliographies : Gazogènes et moteurs à gaz pauvre à la portée de tous, par René CHAMPLY ; Cours de Mécanique rationnelle, par L. ROY, p. 497-498.

Section scientifique et technique. — L'aspect physique de la propagation des courants alternatifs sur les longues lignes, par P. BOUCHEROT, p. 499. — Congrès de Montpellier de l'Association française pour l'Avancement des Sciences, par J. B. p. 505. — La vitesse des oscillations électriques et la mesure des longueurs d'onde, degré de précision des déterminations de ces deux grandeurs, méthode de mesure directe de la vitesse, par A. TURPAIN, p. 511 — Utilisation du courant alternatif industriel dans les postes à lampes de réception de radiocommunications, par Marcel MOYE, p. 512. — Variation de la force électromotrice d'un élément Weston en quartz sous l'influence de la lumière ultraviolette, par J. POUGNET, p. 514. — Revues, analyses et informations : L'accélération dans les montages en cascade, des moteurs à courant continu avec les moteurs triphasés, p. 516 ; Phénomènes de polarisation dans les tubes à rayons X, p. 518.

Section industrielle. — Note sur la tarification de l'énergie électrique, par A. FONTVIEILLE, p. 519. — Les nouvelles règles allemandes d'unification concernant les machines et transformateurs, par A. HUSSON, p. 528. — Revues, analyses et informations : Etat actuel de la question des moteurs à huile lourde, p. 531 ; Essais d'isolateurs de ligne sous 280 000 v, p. 532.

Section économique et financière. — Les services français d'expansion commerciale, p. 533. - Assemblées générales : Forces motrices du Haut-Rhin, p. 534.

Section de législation. — Législation, jurisprudence, réglementation : Sur les amendes pour dissimulation de bénéfices de guerre, p. 535 ; Sur les conditions d'apposition des timbres de dimension sur les papiers soumis au timbre, p. 535 ; Sur le contrôle des livres en vue de l'établissement de la taxe sur le chiffre d'affaires, p. 535 ; Arrêt de la Cour de Cassation relatif aux accidents provoqués par les lignes de distribution d'énergie électrique (28 juin 1920), p. 535. — Arrêt de la Cour d'appel d'Amiens concernant l'application aux agences et succursales de la loi sur le Registre du Commerce, p. 536.

A propos d'une note « sur les conditions que doivent remplir les factures pour profiter du tarif réduit d'affranchissement ».

— Dans le numéro du 19 août 1922, t. XII, p. 264, nous avons reproduit la réponse faite par le ministre des Travaux publics, publiée dans le « Journal officiel » du 21 juin 1922, à une question posée par M. Manant, député, au sujet des conditions que doivent remplir les factures pour profiter du tarif réduit d'affranchissement. Nous recevons à ce sujet la lettre suivante du Syndicat professionnel des Industries électriques.

Plusieurs de nos adhérents qui ont pris connaissance, dans la « Revue générale de l'Electricité » du 19 août de l'article que vous avez publié, p. 264, sur les conditions que doivent remplir les factures pour profiter du tarif réduit d'affranchissement, nous ont demandé d'intervenir auprès du ministre des Finances pour obtenir que *la date et le numéro de la commande* auxquels se réfère la facture, puissent être mentionnés sur les factures, sans pour cela les empêcher d'être admises au bénéfice du tarif spécial de 15 centimes.

Nous avons répondu à nos correspondants en leur adressant la note que vous trouverez ci-jointe et que nous croirions utile de voir reproduire dans le plus prochain numéro de la « R. G. E. », afin de porter à la connaissance des industriels et des commerçants, la décision prise en leur faveur par les Chambres.

Voici la note dont il est question dans cette lettre :

Un projet de loi qui avait été adopté le 20 janvier 1922, par la Chambre des Députés, le 31 mars avec modifications par le Sénat et le 13 juin à nouveau avec modification par la Chambre des Députés, a été adopté définitivement par le Sénat dans sa séance du 30 juin.

En voici le texte, publié dans le « Journal officiel » du 1er juillet 1922, p. 994, 2e colonne des « Débats parlementaires » dans le compte rendu de la première séance du 30 juin 1922, du Sénat.

ARTICLE PREMIER. — L'article 43 de la loi du 31 décembre est modifié comme suit :

Papiers de commerce et d'affaires. — Les taxes et conditions d'admission sont les mêmes que celles des lettres et paquets clos. Par exception, sont admis au tarif de 15 centimes, jusqu'à 20 g : 1° les factures, relevés de comptes ou de factures, bordereaux d'expédition et notes d'honoraires, expédiés sous bande, sous enveloppe ouverte ou sur carte à découvert et ne comportant pas d'indications manuscrites autres que celles afférentes à la date, au nom et à l'adresse

Digitized by Google

du débiteur et du créancier, au numéro de la facture, *à la date et au numéro de la commande* et du bon de livraison, à la nature des marchandises, à leur quantité, à leur prix, au mode d'expédition, à la nature et au montant des honoraires, à la date, au lieu et au mode de paiement.

Ajoutons à cette note que la loi résultant de l'adoption, par le Sénat, du projet déjà adopté par la Chambre des Députés, a été publiée dans le « Journal officiel » du 8 juillet 1922, page 7094 et que la partie de cette loi se rapportant aux papiers de commerce et d'affaires a été reproduite dans le « Bulletin R. G. E. » du 22 juillet, t. XII, p. 19 B.

Le texte complet de cette loi qui, outre ce qui concerne les factures, stipule certaines autres modifications des lois antérieures du 29 mars 1920 et du 31 décembre 1921 a été publié dans le numéro du 30 septembre 1922 de la « Revue générale de l'Electricité », t. XII, p. 496.

Bibliographie : Gazogènes et moteurs à gaz pauvre à la portée de tous, par René Champly, ingénieur-mécanicien (1). — Cet ouvrage est destiné à vulgariser la connaissance de la production du gaz pauvre et celle de son emploi industriel pour la production de la force motrice. L'auteur s'est proposé de montrer au lecteur les avantages considérables de cet emploi : d'abord l'économie du charbon, ensuite un prix de revient de la force motrice qui est trois à quatre fois plus faible qu'avec la machine à vapeur et inférieur même à celui de la plupart des installations hydroélectriques, l'encombrement plus faible, la marche sans surveillance spéciale et, enfin, la suppression du danger d'incendie ou d'explosion.

Dans un des premiers chapitres, intitulé « La chimie du gaz pauvre », est exposée, d'une façon détaillée, toute la théorie de la production de ce gaz. Cet exposé est suivi de quelques considérations sur la production du gaz en partant du charbon de bois, sur les gaz des hauts fourneaux, sur ceux des fours à coke et, en dernier lieu, sur le gaz à l'eau.

Vient ensuite une longue étude très détaillée des différents gazogènes et de leur fonctionnement. Ces descriptions qui tiennent environ 90 pages portent sur un nombre considérable de modèles, chacun d'eux étant détaillé avec soin et représenté par une ou plusieurs figures. Sans diminuer en rien la valeur du reste de l'ouvrage, nous pensons que ces chapitres sont peut-être les plus importants de ce livre ; c'est d'ailleurs ce sujet qui intéresse le plus directement le lecteur.

L'auteur entreprend ensuite l'étude de la production de la force motrice par le gaz pauvre. Il débute par un chapitre consacré en entier à la comparaison économique des moteurs à gaz pauvre avec les autres moteurs industriels. Il ne craint pas de prendre quelques exemples concrets et de calculer le prix de revient du cheval-heure avec toute l'exactitude désirable ; les résultats auxquels il arrive sont d'ailleurs nettement tout à l'avantage du gaz pauvre. Puis il passe à la description proprement dite de ces moteurs, par un exposé général du fonctionnement suivi de détails de construction intéressants sur les régulateurs, la mise en marche de ces moteurs, le graissage des différentes parties mobiles ; sur cette dernière question il insiste un peu sur les qualités particulières que doivent présenter les huiles employées, à cause des dépôts que cette huile peut produire dans le cylindre.

Une étude de l'application du gaz pauvre à la locomotion, pour les automobiles, les bateaux et les locomobiles, suivi de quelques considérations sur le chauffage et sur l'éclairage au moyen du gaz pauvre terminent ce travail.

Cette deuxième édition, à laquelle l'auteur a apporté de nombreux documents récents contient, exposé avec beaucoup de soins, tout ce qui se rapporte aux moteurs à gaz pauvre, elle paraît constituer l'ouvrage de vulgarisation le plus complet écrit sur cette question. — B. E.

(1) Un volume, format 25 cm × 16 cm, 232 pages, 90 figures, édité par Desforges, 29, quai des Grands-Augustins, Paris. Prix, broché, 15 fr.

Bibliographie : Cours de Mécanique rationnelle, par L. Roy, professeur à la Faculté des Sciences (1). — C'est la première partie du *Cours de Mécanique* de cet auteur, dont le deuxième tome est formé par le Cours de Mécanique appliquée et qui est la rédaction du cours professé à l'Institut Electrotechnique et de Mécanique appliquée de Toulouse. Bien qu'il ait été écrit pour les élèves de cet Institut, il s'adresse également aux élèves des instituts techniques des autres universités, à ceux des grandes écoles, aux candidats à l'Ecole supérieure d'Electricité et, en général, à tous ceux qui se destinent à la carrière d'ingénieur. L'auteur s'est borné à n'exposer que les éléments de la science étudiée puisque l'ouvrage s'adresse aux débutants ; toutefois, il a tenu à être précis et n'a pas éludé entièrement les questions d'intérêt purement théorique ainsi qu'on le fait dans d'autres ouvrages didactiques. C'est ainsi qu'il énonce explicitement quelques postulats implicitement admis dans les exposés classiques et qu'il montre pourquoi la force appliquée à un point ne dépend que du temps, de la position du point et de sa vitesse.

Il croit également bon, puisqu'il s'adresse surtout à de futurs ingénieurs, de consacrer un chapitre à l'exposé de la méthode du travail virtuel et d'en donner quelques applications. La démonstration analytique qu'il expose des théorèmes du travail virtuel résulte immédiatement des équations générales de la statique. Quelques exemples, souvent traités jusqu'aux calculs numériques montrent l'application des théories générales.

L'ouvrage est précédé de quelques pages sur la théorie des vecteurs ; puis, sont étudiés : *la cinématique du point*, *la cinématique des solides* avec application au mouvement de la terre, *la dynamique du point* comprenant l'exposé des équations générales, le mouvement d'un point matériel libre et les mouvements et l'équilibre de points soumis à des liaisons et enfin *la dynamique des systèmes* qui est la partie la plus développée de ce livre ; nous relevons parmi les nombreux exemples d'application qui y sont donnés : la balance, le galvanomètre à cadre mobile, le galvanomètre balistique, les câbles de ponts suspendus. C'est, en résumé, un ouvrage très concis contenant tout ce qui est indispensable, sur la matière, au futur ingénieur. — B. E.

(1) Un volume, format 25 cm × 16 cm, VI + 260 p. 103 fig., édité en 1921 par Gauthier-Villars et Cie, 55, quai des Grands-Augustins, Paris. Prix : broché, 25 fr.

Digitized by Google

SECTION SCIENTIFIQUE & TECHNIQUE

L'aspect physique de la propagation des courants alternatifs sur les longues lignes

L'auteur montre d'abord que l'on peut concevoir physiquement la propagation de l'énergie électrique sur les longues lignes sous trois aspects différents, d'égale valeur au point de vue purement mathématique, mais dont l'un semble plus en accord avec les idées modernes des physiciens : celui qui admet l'existence de deux ondes simples se propageant en sens inverse avec des vitesses égales. Il cherche ensuite, au moyen de la méthode de calcul par la séparation des puissances réelle et réactive, comment on peut exprimer simplement les tension et courant de ces deux ondes, lesquels jouissent, pour chacune d'elles, de cette propriété d'être, à la fois, dans un rapport constant et déphasés d'un angle constant. Il termine par quelques applications numériques à une ligne triphasé de grande puissance

I. **Equation générale de la propagation sans déperdition.** — Après les multiples études, dont quelques-unes remarquables, qui ont été publiées ici-même ou ailleurs, sur la propagation des courants alternatifs dans les longues lignes, il semble quelque peu hasardé d'avoir la prétention de dire quelque chose de plus.

En vérité, je suis bien sûr que la plus grande partie de tout ce que je vais dire n'est pas nouveau; je ne sais pas même — parce que je ne lis pas assez, faute de temps — s'il y aura quelque chose de nouveau dans ce que je vais dire, mais je pense présenter la question sous un aspect assez différent de celui qu'on lui donne généralement pour intéresser le lecteur et peut-être lui ouvrir des horizons nouveaux.

Bien que j'aie introduit beaucoup de calculs dans tout ce que j'ai publié, je ne l'ai jamais fait qu'à mon corps défendant, car je n'aime pas les mathématiques pour elles-mêmes — pour l'art — et je les ai toujours employé le moins possible. J'estime qu'un bon aperçu physique vaut généralement mieux que des kilomètres de formules; malheureusement, il n'est pas possible de s'en passer; mais alors n'en abusons pas!

Parmi les calculs mathématiques, ceux par les imaginaires m'horripilent particulièrement, parce qu'il y a quantité de gens qui s'en servent sans y rien comprendre, et qui croient comprendre...

Avec les calculs algébriques ordinaires, on peut ne pas perdre de vue l'aspect physique des phénomènes; on est comme dans un véhicule qui va très vite dans tous les sens; mais, même lorsqu'on fait la boucle en avion, on a encore conscience du paysage. Avec les imaginaires, point! C'est le sous-marin! Et le danger est grand de s'en servir quand on ne les manie pas avec maîtrise : je pourrais citer le cas typique d'un auteur qui n'est pas le premier venu, loin de là, et qui a donné une démontration, par les imaginaires, du théorème de Blondel, qui est fausse, ou pour le moins, incomplète.

Je vais donc essayer de présenter la question sous un aspect aussi physique que possible et sans imaginaires; ceux qui voudront se donner la peine de me suivre m'en sauront gré, je pense.

Pour se familiariser plus facilement avec la question, le mieux est de supposer d'abord une ligne — monophasée, bien entendu — sans résistance longitudinale et sans conductance latérale.

Appelons alors : l, la self-inductance par unité de longueur; c, la capacité par unité de longueur; i, la valeur instantanée du courant; u, la valeur instantanée de la tension.

Les équations fondamentales sont

$$-\frac{\partial u}{\partial x} = l\frac{\partial i}{\partial t} \quad \text{et} \quad -\frac{\partial i}{\partial x} = c\frac{\partial u}{\partial t},$$

d'où

$$\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} = lc\frac{\partial^2 u}{\partial t^2} \quad \text{et} \quad \frac{\partial^2 i}{\partial x^2} = lc\frac{\partial^2 i}{\partial t^2}.$$

La solution générale pour un régime alternatif *établi* est

$$u = A\sin(\omega t - bx) + B\cos(\omega t - bx) + C\sin(\omega t + bx) + D\cos(\omega t + bx),$$

$$i = \sqrt{\frac{c}{l}}\,[-A\sin(\omega t - bx) - B\cos(\omega t - bx) + C\sin(\omega t + bx) + D\cos(\omega t + bx)];$$

ω étant la pulsation, et avec

$$b = \omega\sqrt{lc}.$$

II. **Aspects divers de la propagation sans déperdition.** — On peut alors exprimer la chose physi-

Digitized by Google

quement de trois manières, ou la voir sous trois aspects physiques différents :

Premier aspect. — L'état électrique de la ligne en chaque point peut être considéré comme résultant de la superposition de *deux ondes* d'énergie se propageant en sens inverse avec des vitesses égales.

Les expressions de u et de i peuvent, en effet, s'écrire

$$u = U' \sin(\omega t - bx + \psi') + U'' \sin(\omega t + bx + \psi''),$$

$$i = \sqrt{\frac{c}{l}}[-U' \sin(\omega t - bx + \psi') + U'' \sin(\omega t + bx + \psi'')],$$

à condition que l'on ait

$$U' \cos\psi' = A; \quad U' \sin\psi' = B;$$
$$U'' \cos\psi'' = C; \quad U' \sin\psi'' = D.$$

Ce sont bien deux ondes, la première qui s'éloigne de l'origine $x = 0$, avec une vitesse $V = \frac{1}{\sqrt{lc}}$; la seconde qui s'en rapproche avec la même vitesse, puisque, si l'on fait $x = \pm Vt$, l'une ou l'autre des composantes de u, ou de i, conserve une valeur fixe.

Pour chaque onde, le courant est dans un rapport constant $\sqrt{\frac{c}{l}}$ avec la tension, mais pour celle qui s'éloigne de l'origine, il est changé de signe par rapport à la tension; en sorte que chaque onde transmet de l'énergie dans le sens où elle chemine.

La puissance réelle moyenne en chaque point est, en effet

$$P = \frac{1}{2}\sqrt{\frac{c}{l}}(U''^2 - U'^2),$$

en sorte que, si les deux ondes sont de tensions égales, il n'y a pas transmission de puissance. C'est, au contraire, lorsque l'une des deux ondes n'existe pas que l'on transmet le maximum de puissance par l'autre. C'est aussi dans ces conditions que l'on a le minimum de puissance réactive en ligne, car celle-ci a pour expression, facile à établir, en chaque point

$$\Pi = \sqrt{\frac{c}{l}}\, U'U'' \sin(2bx + \psi'' - \psi');$$

elle est donc nulle si l'une des ondes n'existe pas.

Deuxième aspect. — L'état électrique de la ligne en chaque point peut être considéré comme la superposition de *deux pulsations* (je préfère appeler ainsi ce que l'on appelle quelquefois ondes stationnaires) de même fréquence que la fréquence du courant.

Mais ces deux pulsations peuvent être en quadrature dans l'espace ou en quadrature dans le temps.

Les expressions de u et de i peuvent, en effet, être transformées ainsi

1° $u = U' \cos bx \sin(\omega t + \psi') + U'' \sin bx \sin(\omega t + \psi'')$

$$i = \sqrt{\frac{c}{l}}[-U'' \cos bx \cos(\omega t + \psi'') + U' \sin bx \cos(\omega t + \psi')]$$

à condition que l'on ait

$$U'' \cos\psi' = A + C; \quad U' \sin\psi' = B + D;$$
$$U'' \cos\psi'' = B - D; \quad U'' \sin\psi'' = C - A;$$

ou encore

2° $u = U' \cos(bx + \psi') \sin\omega t + U'' \sin(bx + \psi'') \cos\omega t$

$$i = \sqrt{\frac{c}{l}}[U' \sin(bx + \psi') \cos\omega t + U'' \cos(bx + \psi'') \sin\omega t]$$

à condition que l'on ait

$$U' \cos\psi' = A + C; \quad U' \sin\psi' = D - B;$$
$$U'' \cos\psi'' = C - A; \quad U'' \sin\psi'' = B + D.$$

Le cas plus particulier où les pulsations sont en quadrature à la fois dans l'espace et dans le temps correspond à l'existence d'une seule onde dans l'aspect précédent. Au contraire, l'existence d'une seule pulsation correspond à l'égalité des deux ondes dans l'aspect précédent, c'est-à-dire au cas où il n'y a pas de transmission de puissance.

Troisième aspect. — L'état électrique de la ligne en chaque point peut être enfin considéré comme la superposition *d'une onde* et *d'une pulsation*.

Les expressions de u et de i peuvent, en effet, se mettre encore sous la forme

$$u = U' \sin(\omega t \pm bx + \psi') + U'' \sin(\omega t + \psi'') \cos(bx + \psi'')$$

$$i = \sqrt{\frac{c}{l}}[\pm U' \sin(\omega t \pm bx + \psi') + U'' \cos(\omega t + \psi'') \sin(bx + \psi'')].$$

avec des conditions qu'il est aisé de trouver. Il y a une infinité de combinaisons possibles comme dans l'aspect précédent; mais il est inutile de développer plus longuement ceci.

Remarquons seulement l'analogie avec les décompositions que l'on peut faire d'un champ magnétique tournant elliptique.

1° Un champ elliptique peut être considéré comme la superposition de deux champs constants tournant en sens contraire avec la même vitesse. Si les deux champs sont égaux, le champ elliptique devient simplement alternatif (théorème de Leblanc) et ne peut pas produire de travail mécanique; si l'un des deux est nul, l'autre produit son maximum d'effet;

2° Un champ elliptique peut être considéré comme la superposition de deux champs alternatifs de même fréquence. Les deux champs peuvent être en quadrature dans l'espace ou dans le temps; s'ils sont en quadrature, à la fois dans l'espace et dans le temps, et égaux, le champ elliptique devient un champ tournant constant (théorème de Marcel Deprez).

3° Enfin, un champ elliptique peut être considéré comme la superposition d'un champ tournant et d'un champ alternatif.

Digitized by Google

Revenons à notre propagation.

Au point de vue purement mathématique, ces trois aspects du même phénomène se valent évidemment, mais en est-il de même au point de vue physique?

Cela revient à poser la question suivante physiquement : en fait, est-ce que c'est l'onde qui est la résultante de deux pulsations, ou la pulsation qui est la résultante de deux ondes? Est-ce la pulsation ou l'onde qui est le phénomène fondamental physique? Avec les idées modernes en physique, il semble que la réponse n'est pas douteuse : l'idée de propagation de proche en proche implique l'image de l'onde, et il semble que l'on ait répondu par avance à cette question, par intuition, en appelant les pulsations, des ondes stationnaires.

En tous cas, il semble plus commode pour notre mentalité de prendre l'onde comme phénomène fondamental, ce que l'on fait généralement. On a coutume d'appeler ces deux ondes : l'onde principale ou directe et l'onde réfléchie; l'onde principale va de la source, ou station génératrice, à la station réceptrice; l'autre serait réfléchie par la station réceptrice vers la station génératrice. Mais il faut comprendre que toutes deux contiennent, en réalité, une infinité d'ondes réfléchies, car il n'y a pas de raison pour qu'une première onde réfléchie à la réception ne se réfléchisse pas de nouveau à la transmission et ainsi de suite. Si l'on numérote 1, 2, 3,... la série des ondes qui, en réalité, se produisent, l'onde directe est la somme des ondes 1, 3, 5..., et l'onde réfléchie la somme des ondes 2, 4, 6..., sauf au cas où il n'y a pas de réflexion à une extrémité.

Quoi qu'il en soit, nous allons chercher ce que deviennent les deux ondes quand la ligne possède une résistance longitudinale r par unité de longueur et une conductance latérale g par unité de longueur.

III. Etude de la propagation de deux ondes, sur une ligne ayant une résistance longitudinale et une conductance latérale. — Nous emploierons à cet effet la méthode de calcul par séparation des puissances réelle et réactive, qui a l'avantage, d'une part, d'éviter les imaginaires, et, d'autre part, de ne faire intervenir, comme les imaginaires, que les valeurs efficaces des grandeurs en jeu, sans faire appel aux valeurs instantanées. On ne se trouve ainsi qu'en présence de choses réelles et simples, ayant un caractère physique et non purement mathématique. Appelons :

U, la tension efficace en un point quelconque de la ligne;

I, le courant efficace au même point;

P, la puissance réelle;

Π, la puissance réactive au même point.

On a d'abord en chaque point

$$P^2 + \Pi^2 = U^2 I^2. \qquad (1)$$

Le long d'un élément dx, la dissipation de puissance réelle est $I^2 r\,dx$ du fait de la résistance et $U^2 g\,dx$ du fait de la conductance latérale; la dissipation de puissance réactive est $I^2 \omega l\,dx$ du fait de la self-induction et $-U^2 \omega c\,dx$ du fait de la capacité. On a donc

$$\frac{dP}{dx} = rI^2 + gU^2; \qquad (2)$$

$$\frac{d\Pi}{dx} = \omega l I^2 - \omega c U^2. \qquad (3)$$

En cheminant le long de la ligne d'une quantité dx, le courant efficace varie de dI par la conductance et la capacité latérales; on a donc

$$(P + U^2 g\,dx)^2 + (\Pi - U^2 \omega c\,dx)^2 = U^2 (I + dI)^2;$$

d'où, en négligeant les infiniments petits du second ordre, retranchant (1) et divisant par U^2

$$\frac{dI^2}{dx} = 2(Pg - \Pi\omega c). \qquad (4)$$

De même la tension varie de dU par la résistance et la réactance, et l'on a

$$(P + rI^2 dx)^2 + (\Pi + \omega l I^2 dx)^2 = (U + dU)^2 I^2;$$

d'où, en retranchant (1) et divisant par U^2

$$\frac{dU^2}{dx} = 2(Pr + \Pi\omega l). \qquad (5)$$

Posons, pour simplifier l'écriture

$$p = \sqrt{r^2 + \omega^2 l^2}, \quad q = \sqrt{g^2 + \omega^2 c^2}, \quad m = \omega^2 lc - rg;$$

puis, dérivons (4) et (5) en remplaçant $\frac{dP}{dx}$ et $\frac{d\Pi}{dx}$ par leurs valeurs en (2) et (3); il vient

$$\frac{d^2 I^2}{dx^2} = 2q^2 U^2 - 2mI^2, \qquad (6)$$

$$\frac{d^2 U^2}{dx^2} = 2p^2 I^2 - 2mU^2. \qquad (7)$$

Tirons I^2 de (7), ainsi que sa dérivée seconde, et remplaçons dans (6), il vient finalement

$$\frac{d^4 U^2}{dx^4} + 4m\frac{d^2 U^2}{dx^2} + 4(m^2 - p^2 q^2) U^2 = 0, \qquad (8)$$

dont la solution est très simple. On voit que, par cette méthode, le problème est résolu, non seulement sans imaginaire, mais sans équations aux dérivées partielles.

On trouve de même que I^2, P et Π satisfont à la même équation différentielle très facile à intégrer.

Posant encore pour simplifier

$$\alpha = \sqrt{2}\sqrt{pq - m}, \quad \beta = \sqrt{2}\sqrt{pq + m}, \quad n = r\omega c + g\omega l;$$

Digitized by Google

les valeurs générales de U, I, P et Π sont

$$(9)\quad \begin{cases} U^2 = A_1 e^{\alpha x} + A_2 e^{-\alpha x} + B_1 \cos\beta x + B_2 \sin\beta x, \\ I^2 = \frac{q}{p}[A_1 e^{\alpha x} + A_2 e^{-\alpha x} - B_1 \cos\beta x - B_2 \sin\beta x]. \\ P = \frac{\omega}{\beta}\left(c + l\frac{q}{p}\right)(A_1 e^{\alpha x} - A_2 e^{-\alpha x}) \\ \quad - \frac{\omega}{\alpha}\left(c - l\frac{q}{p}\right)(B_1 \sin\beta x - B_2 \cos\beta x), \\ \Pi = \frac{1}{\beta}\left(g - r\frac{q}{p}\right)(A_1 e^{\alpha x} - A_2 e^{-\alpha x}) \\ \quad - \frac{1}{\alpha}\left(g + r\frac{p}{q}\right)(B_1 \sin\beta x - B_2 \cos\beta x), \end{cases}$$

où e est la base des logarithmes népériens; α et β sont les valeurs caractéristiques de la ligne qui, notons-le en passant, sont doubles de celles que l'on considère ordinairement quand on cherche u et i, parce qu'ici U et I figurent par leurs carrés. α est le facteur d'affaiblissement des ondes pour le *carré* de la tension, ou du courant, double, par conséquent, du facteur correspondant à la tension ou au courant. Quant à la longueur d'onde λ, dans le sens où on l'entend ordinairement, elle est donnée par

$$\beta\lambda = 4\pi,$$

car il est évident que le nombre de nœuds et de ventres le long de la ligne est double pour U^2 de ce qu'il est pour U.

Le problème général est ainsi terminé. Passons aux applications.

Comme g et r sont reliés à ωc et ωl par les relations

$$\beta\left(g + r\frac{q}{p}\right) = \gamma\omega\left(c + l\frac{q}{p}\right)$$

et

$$\alpha\left(g - r\frac{q}{p}\right) = -\beta\omega\left(c - l\frac{q}{p}\right),$$

il est préférable d'écrire la valeur de Π ainsi

$$(9^{bis})\quad \begin{cases} \Pi = -\frac{\omega}{\alpha}\left(c - l\frac{q}{p}\right)(A_1 e^{\alpha x} - A_2 e^{-\alpha x}) \\ \quad - \frac{\omega}{\beta}\left(c + l\frac{q}{p}\right)(B_1 \sin\beta x - B_2 \cos\beta x), \end{cases}$$

de manière à n'avoir, dans les formules, que deux des quatre grandeurs caractéristiques de la ligne.

Il faut remarquer aussi que, si nous nous donnons U, I, P, Π, en un point de la ligne, il nous manquera une équation pour tirer A_1, A_2, B_1, B_2, car, lorsque trois des grandeurs U, I, P, Π, nous sont connues, la quatrième l'est aussi. Cette équation peut être tirée de la relation générale (1)

$$P^2 + \Pi^2 = U^2 I^2;$$

en y substituant les valeurs de U, I, P et Π on trouve, après quelques calculs un peu longs, mais sans difficulté

$$(10)\qquad B_1^2 + B_2^2 = 4A_1A_2.$$

Selon la manière de faire la plus généralement admise, nous nous donnerons les quatre grandeurs pour $x = 0$, en les affectant de l'indice 0. Cela implique

$$U_0^2 = A_1 + A_2 + B_1,$$

$$I_0^2 = \frac{q}{p}(A_1 + A_2 - B_1),$$

$$P_0 = \frac{\omega}{\beta}\left(c + l\frac{q}{p}\right)(A_1 - A_2) + \frac{\omega}{\alpha}\left(c - l\frac{q}{p}\right)B_2,$$

$$\Pi_0 = -\frac{\omega}{\alpha}\left(c - l\frac{q}{p}\right)(A_1 - A_2) + \frac{\omega}{\beta}\left(c + l\frac{q}{p}\right)B_2,$$

d'où l'on tire facilement :

$$(11)\quad \begin{cases} A_1 = \frac{1}{4}\left(U_0^2 + I_0^2\frac{p}{q}\right) + \frac{\omega}{2}\left[\frac{P_0}{\beta}\left(c\frac{p}{q} + l\right) - \frac{\Pi_0}{\alpha}\left(c\frac{p}{q} - l\right)\right] \\ A_2 = \quad \text{id} \quad - \quad \text{id} \\ B_1 = \frac{1}{2}\left(U_0^2 - I_0^2\frac{p}{q}\right), \\ B_2 = \frac{P_0\omega}{\alpha}\left(c\frac{p}{q} - l\right) + \frac{\Pi_0\omega}{\beta}\left(c\frac{p}{q} + l\right). \end{cases}$$

Il suffit alors de procéder à la substitution de ces quatre coefficients dans les expressions générales de U, I, P et Π.

On leur donne un aspect plus symétrique en remplaçant les exponentielles par des fonctions hyperboliques, quand on veut les utiliser directement. Comme nous nous proposons ici la recherche des caractéristiques des deux ondes, il vaut mieux ne pas faire ce remplacement.

Il nous faut maintenant fixer les extrémités de la ligne des deux côtés ; nous ferons donc $x = X$ pour l'autre extrémité et nous dirons par exemple que $x = 0$ correspond à l'usine réceptrice, et $x = X$ à l'usine génératrice. Nous affecterons du signe (′) les symboles correspondant à l'onde directe et du signe (″) ceux correspondant à l'onde réfléchie.

Nous prendrons comme origine du temps le moment où l'onde directe de tension part de la station génératrice ; nous pouvons donc écrire pour la valeur instantanée de la tension :

$$(12)\quad \begin{cases} u = \sqrt{2}\,U'e^{-\frac{\alpha}{2}(X-x)}\cos\left[\omega t - \frac{\beta}{2}(X-x)\right] \\ \quad + \sqrt{2}\,U''e^{-\frac{\alpha}{2}x}\cos\left[\omega t - \frac{\beta}{2}x - \psi\right], \end{cases}$$

l'onde réfléchie étant ainsi supposée partir de la sta-

Digitized by Google

tion réceptrice avec un retard ψ par rapport au départ de l'onde directe de la station génératrice.

De cette valeur instantanée de u, nous pouvons passer à la valeur efficace U, puis à U^2, et, en identifiant avec la valeur de U^2 déjà trouvée, en déduire les valeurs efficaces des ondes U' et U'' de tension, et le déphasage ψ de l'onde réfléchie, à son départ. On trouve ainsi

$$(13)\quad \begin{cases} e^{-\alpha x}U'^2 = A_1;\ U''^2 = A_2;\ \operatorname{tg}\left(\frac{\beta}{2}X - \psi\right) = \frac{B_2}{B_1} \\ U^2 = U'^2 e^{-\alpha(X-x)} + U''^2 e^{-\alpha x} \\ \quad + 2U'U''e^{-\frac{\alpha}{2}X}\cos\left[\frac{\beta}{2}X - \psi - \beta x\right]. \end{cases}$$

Procédons de même pour les ondes de courant, mais en écrivant que, dans chaque onde, le courant est en retard d'un angle quelconque sur la tension, par exemple δ' pour l'onde directe, δ'' pour l'onde réfléchie. Nous aurons ainsi pour la valeur du courant instantané en un point

$$(14)\quad \begin{cases} i = \sqrt{2}I'e^{-\frac{\alpha}{2}(X-x)}\cos\left[\omega t - \frac{\beta}{2}(X-x) - \delta'\right] \\ \quad + \sqrt{2}I''e^{-\frac{\alpha}{2}x}\cos\left[\omega t - \frac{\beta}{2}x - \psi - \delta''\right]; \end{cases}$$

d'où nous passerons au carré I^2 du courant efficace. Par identification avec l'expression générale de I^2, on trouve

$$(15)\quad \begin{cases} I'^2 = U'^2\frac{q}{p};\quad I''^2 = U''^2\frac{q}{p}; \\ \operatorname{tg}\left(\frac{\beta}{2}X + \delta' - \psi - \delta''\right) = \operatorname{tg}\left(\frac{\beta}{2}X - \psi\right). \end{cases}$$

En considération de ce que l'énergie chemine dans le même sens que l'onde, on est conduit à en déduire

$$(16)\quad I' = \sqrt{\frac{q}{p}}U';\quad I'' = -\sqrt{\frac{q}{p}}U'';\quad \delta' = \delta'' = \delta.$$

La valeur instantanée du courant devient

$$(14^{bis})\quad \begin{cases} i = \sqrt{2}\sqrt{\frac{q}{p}}\left[U'e^{-\frac{\alpha}{2}(X-x)}\cos\left[\omega t - \frac{\beta}{2}(X-x) - \delta\right]\right. \\ \quad \left. - U''e^{-\frac{\alpha}{2}x}\cos\left[\omega t - \frac{\beta}{2}x - \psi - \delta\right]\right] \end{cases}$$

et sa valeur efficace au carré

$$(17)\quad \begin{cases} I^2 = \frac{p}{q}\left[U'^2e^{-\alpha(X-x)} + U''^2e^{-\alpha x}\right. \\ \quad \left. - 2U'U''e^{-\frac{\alpha}{2}X}\cos\left[\frac{\beta}{2}X - \beta x - \psi\right]\right]. \end{cases}$$

Enfin, de la valeur de la puissance instantanée ui, en chaque point, on déduit facilement les valeurs des puissances réelle et réactive que voici :

$$(18)\quad \begin{cases} P = \sqrt{\frac{p}{q}}\left[(U'^2e^{-\alpha(X-x)} - U''^2e^{-\alpha x})\cos\delta\right. \\ \quad \left. - 2U'U''e^{-\frac{\alpha}{2}X}\sin\left[\beta\left(\frac{X}{2} - x\right) - \psi\right]\sin\delta\right] \\ \Pi = \sqrt{\frac{q}{p}}\left[(U'^2e^{-\alpha(X-x)} - U''^2e^{-\alpha x})\sin\delta\right. \\ \quad \left. + 2U'U''e^{-\frac{\alpha}{2}X}\sin\left[\beta\left(\frac{X}{2} - x\right) - \psi\right]\cos\delta\right]. \end{cases}$$

Mais il nous faut connaître δ. Le moyen le plus simple est d'identifier l'une ou l'autre des formules (18) avec celle des formules (9) qui lui correspond. On trouve ainsi

$$\operatorname{tg}\delta = \frac{\Pi_0(A_1 - A_2) - P_0B_2}{\Pi_0B_2 + P_0(A_1 - A_2)} = \frac{\beta}{\alpha}\frac{lq - cp}{lq + cp}.$$

Il convient de ne pas faire d'erreur sur le signe de cet angle ; ce signe est déterminé, en somme, par la différence entre les pertes d'énergie latérales et les pertes longitudinales.

Dans le cas le plus général, les pertes latérales étant nulles, ou très petites ($g = 0$, d'où $cp > lq$), δ est négatif, c'est-à-dire que, dans chaque onde, le courant est un peu *en avance*, d'une quantité invariable, sur la tension. Il faut des circonstances exceptionnelles pour que cet angle soit positif. Un effet corona très intense donne évidemment lieu à des pertes latérales très importantes, mais ce phénomène est trop compliqué pour que l'on puisse l'assimiler à une conductance latérale constante. Le cas particulier où $lq = cp$, donné par $lg = cr$ correspond à ce que M. Blondel a appelé la ligne sans déphasage. J'y reviendrai plus longuement dans un autre article où je me propose de traiter uniquement de la transmission sans onde de retour et de sa réalisation pratique.

De ces diverses formules, on peut ainsi tirer les conclusions suivantes, extrêmement intéressantes :

1° Pour chacune des deux ondes, *le rapport du courant efficace à la tension efficace est constant et ne dépend que des caractéristiques de la ligne*, c'est $\sqrt{\frac{q}{p}}$.

2° Pour les deux ondes, *le déphasage du courant sur la tension est le même et ne dépend que des caractéristiques de la ligne*, c'est δ donné par

$$(19)\qquad \operatorname{tg}\delta = -\frac{\beta}{\alpha}\frac{cp - lq}{cp + lq}.$$

Ces conclusions donnent au phénomène un caractère de simplicité qui n'apparaissait pas tout de suite dans la complexité des formules et qui permet de traiter numériquement tous les cas possibles très simplement.

Digitized by Google

et, ce qui est très précieux, *en comprenant ce que l'on fait.*

Encore une fois, je ne prétends pas que tous ceux qui, dans les mêmes circonstances, se servent des imaginaires, n'y voient ou n'y comprennent rien, mais je crois qu'il y en a beaucoup, et qu'en tous cas il est plus facile de comprendre des formules qui ne contiennent que des choses réelles.

IV. **Application à une ligne triphasée.** — Pour terminer, nous allons faire l'application decette manière de voir et de ces formules à une ligne triphasée comportant trois conducteurs d'aluminium acier de 300 mm² de section chacun, espacés de 6 m environ, de 1 000 km de longueur, et transmettant des courants à 50 p : s.

Les valeurs caractéristiques d'une telle ligne sont, en rapportant tout au kilomètre,

$$r = 0{,}1; \quad g = 0; \quad l = 1{,}27.10^{-3}; \quad c = 9{,}1.10^{-9}.$$

(Je mets $g = 0$ en supposant une ligne parfaite et sans effet corona). Nous déduisons de là immédiatement les valeurs suivantes, qui sont indépendantes des tensions et courants

$$p = 0{,}412; \quad q = 2{,}85.10^{-6}; \quad m = 1{,}14.10^{-6};$$

$$\alpha = 0{,}000265; \quad \beta = 0{,}00214;$$

$$e^{-\alpha X} = 0{,}77; \quad e^{-\frac{\alpha}{2}X} = 0{,}88;$$

ce qui veut dire qu'entre les deux extrémités, les ondes de tension ou de courant s'affaiblissent de 12 pour 100; celles d'énergie, de 23 pour 100.

$\frac{B}{2} X = 1{,}07$ (62 degrés) : veut dire que pour une onde, la tension et le courant, tournent de 62° entre les deux extrémités, ou sont déphasés chacun de 62°;

$\sqrt{\frac{p}{q}} = 380$, ce qui veut dire que l'impédance caractéristique est de 380 ohms, ou encore que, pour chaque onde, le rapport de la tension au courant est 380, quelles que soient les circonstances;

$$c\frac{p}{q} - l = 40.10^{-6}; \quad c\frac{p}{q} + l = 2\,580.10^{-6};$$

$tq\,\delta = -0{,}125$ (formule 19), ou $\delta = -7°$ environ, ce qui veut dire que, dans chaque onde, le courant est en avance d'environ 7° sur la tension, quelles que soient les circonstances.

Nous allons chercher les conditions de fonctionnement dans trois cas différents que nous traiterons ensemble pour ne pas répéter trois fois les raisonnements. Dans les trois cas nous supposerons que l'on veut avoir à l'arrivée, 200 000 v entre fils, soit 116 000 v par phase. Dans le premier cas, nous supposerons que l'on veut recevoir 100 000 kw avec cos $\varphi = 1$, c'est-à-dire 116 000 v et 287 a par phase; dans le second cas nous supposerons le courant nul à l'arrivée; dans le troisième cas, nous supposerons que l'on veut recevoir 100 000 kv-a avec cos $\varphi = 0{,}71$. Nous disposerons chaque fois les nombres correspondant aux trois cas, le premier à gauche, le second au milieu, le troisième à droite de la colonne. Les calculs sont faits au cercle à calculer.

Les valeurs des tension, courant et puissances par phase à l'arrivée sont

$U_0 = 116\,000$ v, dans les trois cas :

$I_0 = 287$	0	287 a
$P_0 = 33{,}3.10^6$	0	$23{,}5.10^6$ w
$\Pi_0 = 0$	0	$23{,}5.10^6$ v-a.

Les formules (11) nous donnent de suite les valeurs suivantes à multiplier par 10^{10} :

$A_1 = 1{,}265$	0,335	1,02
$A_2 = 0{,}006$	0,335	0,24
$B_1 = 0{,}08$	0,67	0,08
$B_2 = 0{,}16$	0	1

d'où nous déduirons les ondes de tension et de courant, à leur départ, par les formules (13) et (16)

$U' =$	128 000	66 000	115 000 v
$U'' =$	7 500	58 000	49 000 v
$I' =$	335	174	302 a
$I'' =$	20	154	129 a

et à leur arrivée, en multipliant les chiffres ci-dessus par 0,88.

Il nous faut connaître maintenant le retard ψ du départ de l'onde de tension réfléchie sur le départ de l'onde directe; il nous est donné par l'une des formules (13) qui exprime $\frac{\beta}{2} X - \psi$ par sa tangente $\frac{B_2}{B_1}$. On a ainsi

$\frac{\beta}{2} X - \psi = 62$	0	85 degrés environ,

d'où, puisque $\frac{\beta}{2} X$ vaut 62 degrés,

$\psi = 0$	62	— 23 degrés.

Et nous savons que les ondes de courant sont invariablement en avance de 7 degrés environ sur les ondes de tension.

Nous n'avons plus qu'à combiner les ondes, à l'arrivée, à titre de vérification, et au départ pour trouver ce qui est le plus intéressant. Nous pourrions évidemment faire cette combinaison tout le long de la ligne et tracer les courbes des valeurs efficaces, mais cela me paraît superflu ici.

A l'arrivée :

La tension directe

0,88 $U' =$	112 000	58 000	101 000 v,

Digitized by Google

en retard dans les trois cas de 62 degrés sur l'origine du temps, se combine avec la tension réfléchie

$$U'' = 7\ 500 \quad 58\ 000 \quad 49\ 000 \text{ v},$$

en retard de ψ,

$$\psi = 0 \quad 62 \quad -23 \text{ degrés},$$

pour donner $U_0 = 116000$ v, dont le déphasage sur l'origine du temps se déduit d'une construction graphique simple qu'il serait superflu de reproduire ici et qui donne

$$\text{retard de } U_0 = 58 \quad 62 \quad 37 \text{ degrés}.$$

De même le courant direct

$$0{,}88\, I' = 295 \quad 154 \quad 265 \text{ A},$$

en retard, dans les trois cas de $62 - 7 = 55$ degrés sur l'origine, se combine avec le courant réfléchi

$$I'' = 20 \quad 154 \quad 129 \text{ A},$$

en retard de $(\psi - 7)$ degrés, soit

$$-7 \quad 55 \quad -30 \text{ degrés},$$

et renversé pour donner

$$I_0 = 287 \quad 0 \quad 287 \text{ A},$$

dont le déphasage sur l'origine se déduit encore d'une simple construction graphique qui donne

$$\text{retard de } I_0 = 58 \quad ? \quad 82 \text{ degrés}.$$

Le déphasage de I_0 sur U_0 se vérifie bien ainsi de

$$58 - 58 = 0 \quad ? \quad 82 - 39 = 45 \text{ degrés}.$$

Au départ :
La tension directe

$$U' = 128\ 000 \quad 66\ 000 \quad 115\ 000 \text{ v},$$

sans retard, se combine avec la tension réfléchie

$$0{,}88\, U'' = 6\ 600 \quad 51\ 000 \quad 43\ 000 \text{ v},$$

en retard de $(\psi + 62)$ degrés, soit

$$\psi + 62 = 62 \quad 124 \quad 39 \text{ degrés},$$

pour donner la tension U_1

$$U_1 = 131\ 000 \quad 57\ 000 \quad 152\ 000 \text{ v},$$

déphasée sur l'origine du temps de

$$\text{retard de } U_1 = 2 \quad 48 \quad 10 \text{ degrés}.$$

La tension entre fils est, au départ

$$\sqrt{3}\, U_1 = 225\ 000 \quad 98\ 000 \quad 260\ 000 \text{ v}.$$

De même, le courant direct

$$I' = 335 \quad 174 \quad 302 \text{ A},$$

en avance dans les trois cas de 7 degrés, se combine avec le courant réfléchi $0{,}88\, I''$,

$$0{,}88\, I'' = 17 \quad 136 \quad 113 \text{ A},$$

en retard de $\psi - 7 + 62$ degrés, soit

$$\psi + 55 = 55 \quad 117 \quad 32 \text{ degrés},$$

et renversé, pour donner I_1

$$I_1 = 330 \quad 275 \quad 225 \text{ A},$$

déphasé sur l'origine du temps de

$$\text{retard de } I_1 = -10 \quad -32 \quad -25 \text{ degrés}.$$

Le déphasage de I_1 sur U_1 étant ainsi de

$$\varphi_1 = -12 \quad -80 \quad -35 \text{ degrés environ},$$

la puissance réelle au départ s'en déduit aisément

$$3\, U_1 I_1 \cos\varphi_1 = 127\ 000 \quad 8\ 000 \quad 84\ 000 \text{ kw},$$

ainsi que le rendement

$$79 \quad 0 \quad 84 \text{ pour } 100.$$

Ces derniers chiffres, résultant de calculs au cercle, assez peu précis, et des constructions graphiques de U_1, de I_1 et de φ_1 dont les erreurs peuvent se cumuler, il est prudent de les vérifier par l'application de la formule (18), ou (9), en y faisant $x = X$. C'est le cas de la marche à vide qui donne évidemment la plus grande erreur parce que, aux environs de 80 degrés, une différence de 1 degré donne une différence de 10 pour 100 sur le cosinus; en réalité, la perte à vide est plus proche de 8 500 kw que de 8 000.

Au sujet de cette formule (18) de la puissance, il n'est pas superflu de faire remarquer que, contrairement à ce qui se passe pour la tension et le courant, on ne peut pas, en un point, obtenir la puissance instantanée en retranchant simplement les puissances propres à chacune des ondes, comme si chaque onde était seule, ainsi qu'on pourrait être tenté de le faire. C'est ainsi que la puissance moyenne P contient, outre les termes en U'^2 et U''^2, un terme en $U'\,U''$ qui a, dans les trois exemples pris, une valeur suffisante pour ne pas pouvoir être négligée.

On a pu remarquer que, dans le premier exemple, l'onde directe est presque seule existante dans la transmission; c'est parce que, désireux de prendre un exemple qui donne de bons résultats malgré la grande distance, je l'ai choisi au voisinage de fonctionnement théorique qui fait disparaître l'onde réfléchie. Je dis *au voisinage*, car la disparition complète de l'onde réfléchie, dans les meilleures conditions de transmission possibles, ne peut être que le fait d'un aménagement spécial de la ligne, et, à tension constante, pour *un* régime seulement.

Mais l'étude de la transmission d'énergie sans onde de retour fera l'objet d'un autre article.

P. Boucherot.

Digitized by Google

Congrès de Montpellier de l'Association française pour l'Avancement des Sciences

C'est à Montpellier, où elle s'était déjà réunie en 1879, que l'Association française pour l'Avancement des Sciences a tenu cette année son quarante-sixième congrès annuel, sous la présidence de M. L. Mangin, membre de l'Institut, directeur du Muséum d'Histoire naturelle et président en exercice de l'Association. On trouvera dans les lignes ci-dessous un aperçu des travaux de ce congrès.

I. **Le programme du Congrès.** — Le programme comportait :

Une séance solennelle d'ouverture (matinée du lundi 24 juillet) ;

Une réception à l'Hôtel de Ville (soirée du 24 juillet) ;

Deux assemblées générales (24 et 29 juillet) ;

Deux conférences (23 et 26 juillet) ;

Une exposition d'électricité médicale de radiologie et d'odontologie ;

Des séances de sections chaque matin et chaque après-midi (24, 25, 26, 28 et 29 juillet) ;

Des visites aux musées et monuments de la ville, des localités et villes voisines, des visites des caves coopératives et autres installations viticoles, etc ;

Une excursion générale aux gorges de l'Hérault (27 juillet) ;

Une excursion finale par Agde, Béziers, Lamalou-les-Bains, Mazamet, Carcassonne, Narbonne et retour à Montpellier.

II. **La séance d'ouverture ; le discours de M. Mangin.** — C'est au Grand-Théâtre que se tint la séance d'ouverture, présidée par M. Mangin. Après un discours de bienvenue de M. Cabannes, professeur à la Faculté de Médecine, adjoint au maire de Montpellier, et un autre de M. Massol, doyen de la Faculté de Pharmacie de Montpellier, et président du Comité local d'Organisation, où l'orateur rappela les traits les plus caractéristiques de l'histoire du Languedoc, M. Mangin prononça, suivant l'usage, un discours adapté aux conditions économiques locales. Dans ce pays de vignobles, où le vin constitue la principale, pour ne point dire l'unique richesse, c'est surtout des organismes destructeurs de la vigne que parla le savant zoologiste ; nous ne faisons donc que signaler ici ce discours.

III. **Les conférences.** — Des deux conférences inscrites au programme, l'une, celle de M. de Girardin, professeur à la Faculté des Sciences de Fribourg (Suisse), avait pour objet de montrer le rôle de *la Méditerranée dans les origines de la civilisation* ; exposée avec une certaine recherche littéraire, accompagnée de nombreuses projections, elle fut des plus intéressantes mais ne peut être que mentionnée dans ces colonnes.

Par contre la seconde conférence, faite par M. Legendre et ayant pour titre : *L'Œuvre de la Direction des Recherches scientifiques, industrielles et agricoles et des Inventions*, présente un intérêt plus objectif pour nos lecteurs ; en voici un résumé.

» Le conférencier rappelle tout d'abord qu'on a maintes fois déploré le manque de liaison existant entre la science et l'industrie, la réserve des savants qui trop souvent vivent dans leur « tour d'ivoire », la routine des industriels qui ne savent ni ne veulent oser s'engager dans les voies nouvelles que leur trace la science. Son but est de montrer que pendant et depuis la guerre de grands efforts ont été faits pour remédier à cet état de choses considéré comme désastreux pour l'avenir de la science et de l'industrie française.

Avant la guerre, les inventeurs ne trouvaient à leur disposition comme organismes officiels que l'Office national de la Propriété industrielle, chargé de délivrer les brevets, le Laboratoire des Essais du Conservatoire des Arts et Métiers, chargé d'effectuer des mesures sur les appareils ou les produits qui lui sont présentés et la Commission supérieure des Inventions intéressant les armées de terre et de mer. C'était tout : entre le brevet garantissant la propriété de l'idée et les essais de l'invention terminée, rien n'existait pour aider l'inventeur dans son laborieux travail de mise au point et de réalisation.

La guerre montra la nécessité d'un nouvel organisme destiné à renseigner les inventeurs sur les besoins des armées, à faciliter l'adaptation rapide de leurs idées aux nécessités du moment. C'est M. Paul Painlevé, alors ministre de l'Instruction publique, qui créa, en novembre 1915, une Direction des Inventions intéressant la Défense nationale, dans laquelle il groupa les savants et les laboratoires disponibles à ce moment. A la fin de 1916, M. J.-L. Breton lui succéda pour ne plus quitter ce service, qu'il dirige encore actuellement.

La guerre terminée, l'organisme de recherches dont le travail s'était montré si fécond, se trouva désorganisé par la démobilisation. Il subsista cependant, et, sous l'énergique impulsion de M. Breton, il se réorganisa pour s'adapter aux œuvres de paix.

Dans ce but, la Direction des Inventions s'assura le concours de tous les laboratoires officiels et privés, ceux des universités et des instituts techniques, les grands centres de recherches indépendants, etc., leur apportant de nouveaux sujets d'études et leur facili-

Digitized by Google

tant les moyens matériels de réaliser de nouvelles expériences.

En même temps, prenant contact avec les inventeurs et les industriels, les conseillant, les guidant dans leurs découvertes et la mise au point de leurs idées, elle leur fournit ce qui manque aux laboratoires de science pure et aussi à beaucoup d'usines, des bureaux de dessin, des ateliers, des modèles, des salles d'essais et d'expériences, si bien que d'une idée générale souvent vague, on puisse faire sortir tout ce qu'elle contient de bon, d'utile, de réalisable.

Le conférencier passe à la description des importantes installations qui ont été effectuées dans le grandiose bâtiment qui, situé à Bellevue, près de Paris, renferme les bureaux, les laboratoires et les ateliers de la Direction des Recherches et Inventions. Il en indique le fonctionnement et montre par quelques exemples que leurs ressources sont utilisées non seulement par des inventeurs, mais aussi par des hommes de laboratoire et des universitaires, qui viennent y demander les moyens d'études pour lesquels il leur manque soit des crédits, soit plus souvent encore des moyens de réalisation matérielle: exécution d'appareils, essais nécessitant une grande dépense de force motrice, libre disposition d'une usine, d'un champ, d'un bateau, etc. Il ajoute que le concours que la Direction des Recherches peut leur apporter sera considérablement accru aux jours prochains où, par application d'un projet de loi déjà voté par la Chambre des Députés et le Sénat et revenu à la Chambre à la suite de quelques modifications apportées au texte par le Sénat, elle sera transformée en Office national et distribuera les fonds de la Caisse des Recherches scientifiques.

L'œuvre pratique accomplie par la Direction des Recherches et Inventions est d'ailleurs déjà considérable.

Récemment finissait un concours de gazogènes transportables qui a démontré la possibilité d'employer le bois et le charbon de bois en remplacement de l'essence sur des camions automobiles.

Il y a deux mois, à la suite de l'accident du tunnel de Mornay, les services de Bellevue fournissait au Ministère des Travaux publics les données physiologiques nécessaires pour éviter le retour de pareils accidents.

Dans la région de Montpellier, où s'est terminé, à Béziers, le Concours du Carburant national, et où le problème de l'alcool moteur est particulièrement intéressant, une très vaste étude technique se prépare sur la question des combustibles susceptibles de remplacer l'essence dans les moteurs.

M. Legendre a passé ensuite en revue les principales découvertes mises au point et expérimentées dans les différents comités techniques de la direction.

Au Comité de Mécanique, présidé par M. Auclair, on se préoccupe des diverses sources d'énergie disponibles autres que l'essence : utilisation des marées, chauffe au mazout, énergie du vent ont fait l'objet d'études nombreuses.

Le Comité technique de Physique, dirigé par M. Cotton, n'est pas moins actif. Actuellement, ce physicien essaye un nouveau type d'électroaimant, dont les premiers essais, effectués au laboratoire d'électricité de Bellevue, laissent espérer qu'il donnera le champ magnétique le plus puissant du monde.

Le professeur Perrin, de l'Ecole normale supérieure, a demandé à la Direction de l'aider à cinématographier les mouvements browniens. M. Dufour a imaginé un oscillographe permettant d'enregistrer les variations électriques ou magnétiques d'une fréquence d'un million de périodes par seconde et même beaucoup plus.

Les recherches d'optique, de photographie et de cinématographie, ont donné des résultats intéressants. C'est ainsi que le docteur Polak a réalisé un curieux objectif hyperchromatique donnant des effets inattendus en photographie des couleurs. On y étudie en ce moment un cinématographe à mouvement continu de M. Toulon, un autre donnant la sensation du relief du même inventeur, un autre en couleurs, à un seul objectif, de M. Dourlen, etc.

Le Comité de Génie et de Marine, présidé par le professeur André Broca, a mis au point, en ces derniers temps, toute une série d'appareils intéressants : les appareils de télémécanique de Chauveau qui ont permis déjà de commander un bateau naviguant sur la Seine et qui semblent appelés à un grand avenir pour la téléphonie automatique. On y a résolu expérimentalement ce paradoxe qu'est le bateau de MM. Constantin et Daloz, lequel, captant le vent par une hélice aérienne et transmettant la force à une hélice immergée, marche contre le vent.

Les projecteurs sous-marins y furent construits sur les directives de M. J.-L. Breton, pendant la guerre; ils servent aujourd'hui à des besognes plus pacifiques, comme la pêche en profondeur. C'est là également qu'a été réalisé l'allumeur Corne, allumette prenant dans l'eau, inventée pour rallumer les chalumeaux des scaphandriers découpant des tôles sous l'eau.

Au Comité technique de l'Aviation, présidé par M. Toussaint, on s'est occupé de divers avions, notamment de celui à surface variable imaginé par MM. Gastambide et Levavasseur. A Saint-Cyr, M. Maurain vient de reprendre l'étude expérimentale de la résistance de l'air à l'avancement des trains.

Pour mener à bien ces recherches si variées, si complexes et si nombreuses, la Direction des Inventions ne dispose que d'un budget assez modeste puisqu'il ne dépasse pas 1 400 000 fr par an.

L'Angleterre a doté, en effet, son Institut de Recherches, créé à la fin de la guerre, de 1 million de livres sterling comme entrée de jeu, en plus d'un budget annuel.

Mais la Direction des Recherches et des Inventions espère devenir plus riche en se transformant en Office national. Ayant son autonomie financière, elle pourra

Digitized by Google

prendre sa part des bénéfices des inventions qu'elle aura aidé à réaliser.

IV. **L'exposition d'électricité médicale, de radiologie et d'odontologie.** — Sans doute en raison de l'éloignement de Paris, centre de la fabrication des appareils et instruments employés en électricité médicale, ainsi que des frais considérables résultant des tarifs actuels de transport, cette exposition n'avait pas l'ampleur de celle qui eut lieu à Rouen, l'an dernier, à l'occasion du précédent Congrès (1). Elle présentait néanmoins un intérêt aux yeux des spécialistes, pour qui il est plus utile d'être tenus au courant des perfectionnements de détail apportés au cours de l'année au matériel dont ils font usage que de revoir annuellement des appareils qu'ils connaissent déjà. Pour les profanes, l'intérêt résidait surtout dans la démonstration, par la vue des dimensions du matériel de radiothérapie exposé par les Etablissements Gaiffe-Gallot et H. Pilon, que la fabrication de ce matériel est aujourd'hui sortie du stade de la construction d'appareils de laboratoires pour entrer dans celui d'une construction véritablement industrielle.

V. **Les visites industrielles.** — La région montpélliéraine ne possédant pas de centres industriels de quelque importance, il ne fallait pas s'attendre à ce que les ingénieurs trouvassent dans les visites organisées à l'occasion du Congrès de Montpellier l'intérêt que présentait pour eux les visites faites au cours du Congrès de Rouen, de l'an dernier. Il convient de signaler toutefois la visite, des installations du port de Cette et de l'étang de Thau, faite le 25 juillet et organisée par la Chambre de Commerce de Cette qui avait mis à la disposition des congressistes l'un de ses bateaux. Une autre excursion, prévue au programme primitif, eut permis la visite de l'usine hydroélectrique de la Vis qui alimente partiellement le réseau de la Société Sud-Electrique, mais des difficultés matérielles d'organisation ont forcé à supprimer cette excursion.

VI. **Les travaux des sections.** — Parmi les communications se rapportant à des sujets qui intéressent les lecteurs de cette revue nous signalerons celles qui furent présentées aux sections suivantes :

3e et 4e sections (Génie civil et militaire, navigation, aéronautique), présidées par M. A. Rateau, membre de l'Institut, sections dans lesquelles furent présentées les communications :

Sur la construction des grands barrages en maçonnerie, par F. Arnodin ;

Sur l'emploi récent des câbles dans la construction, par F. Arnodin ;

Comparaison sommaire des différents systèmes de chauffe au charbon pulvérisé, par Maroger ;

Sur la détermination des vitesses dans les fluides liquides, par Camichel et Willemin.

5e section (Physique), présidée par M. Turpain, professeur à la Faculté des Sciences de Poitiers, qui avait mis à son ordre du jour la question.

Le champ magnétique et l'induction magnétique sont-ils de même nature, à laquelle répondirent quatre communications de MM. Brylinski, Lébert, Liénard, Roy.

A cette même section furent présentées quatre communications concernant la radiotélégraphie et la radiotéléphonie :

La vitesse des oscillations électriques et la mesure de leurs longueurs d'onde, par A. Turpain ;

La téléphonie multiple par lampe à trois électrodes, par A. Turpain ;

Sur la détermination de la longueur d'onde optimum pour une radiocommunication donnée, par L. Bouthillon ;

L'utilisation du courant alternatif industriel dans les postes à lampes de réception, par Marcel Moye.

Deux autres communications relatives à l'électricité :

Sur un téléphone auto-détecteur, par Dongier ;

Variation de la force électromotrice d'un élément de quartz sous l'influence de la radiation ultraviolette, par Jean Pougnet.

Enfin d'autres communications concernant la physique furent présentées par MM. Andrade, Guéry, Lumière, etc.

Autres sections. — Dans la section de Mathématiques, présidée par M. Clapier, professeur au lycée de Montpellier, M. Farid Bonlad Bey, ingénieur de l'Etat égyptien a fait un exposé sur la représentation et la détermination des tensions et des déformations autour d'un point dans un corps élastique ; il a pu ramener, d'une façon ingénieuse, la recherche des effets élastiques de nature quelconque en un point d'un corps déformé, à une construction simple et immédiate.

Parmi les communications faites à la section de Météorologie et Physique du Globe présidée par M. Marcel Moye, professeur à la Faculté de Droit de Montpellier, nous devons signaler celle sur *Les méfaits du déboisement*, par M. Paul Descombes.

VI. **Résumés de quelques communications.** — Quelques-unes des communications mentionnées ci-dessus sont reproduites dans ce numéro ; d'autres paraîtront dans les numéros suivants ; quelques autres sont résumées ci-dessous.

Les expériences cruciales de la théorie de la relativité restreinte, par F. Guéry. — Les relations de la relativité restreinte qui sont, par extension, celle de la théorie de la relativité généralisée, résultent, d'une part, de la manière de mesurer le temps par proportionnalité avec des longueurs au moyen de certains procédés optiques définis et, d'autre part, de la considération de la contraction de Lorentz, conséquence d'une interprétation déterminée de l'expérience de Michelson. Or

(1) Voir le compte rendu de ce Congrès dans la *Revue générale de l'Electricité*, 24 septembre 1921, t. x, p. 381-394, et particulièrement page 385 pour l'exposition d'électricité médicale.

Digitized by Google

cette interprétation n'est pas seule possible ; d'où l'idée admise par certains physiciens, qu'une théorie différente de celle de la théorie de la relativité restreinte pourrait s'édifier sans l'hypothèse de la contraction. L'auteur avait pensé que le résultat de l'expérience de Sagnac pourrait permettre de décider entre les diverses interprétations, mais, comme l'a montré M. E. Carvalho dans une communication à la séance du 9 janvier 1922 de l'Académie des Sciences, si l'on admet qu'un foyer lumineux entraîne avec lui son train d'ondes, les résultats des expériences de Michelson et de Sagnac s'expliquent sans hypothèses accessoires. Il s'est dès lors proposé de préciser quelles sont les hypothèses que les expériences actuelles permettent de conserver, et celles qu'il faut abandonner ; de rechercher des phénomènes grâce auxquels des expériences futures pourraient éventuellement permettre de faire un choix entre les hypothèses restant en présence ; enfin, à défaut de ces expériences cruciales, de montrer que l'on peut dès maintenant faire un choix entre les théories que les expériences actuelles laissent valables, en repoussant celles qui comportent des contradictions dans l'ordre logique.

M. Guéry fait tout d'abord observer que parmi les expériences optiques sur les corps en mouvement, il faut distinguer celles qui atteignent seulement la précision du premier degré du rapport de la vitesse v du mouvement considéré à la vitesse V de propagation de la lumière, et celles qui atteignent la précision du carré ou d'une puissance supérieure de ce rapport ; les secondes seules sont à considérer au point de vue de la théorie de la relativité ; on n'en connaît d'ailleurs qu'une, celle de Michelson ; toutefois celles du premier groupe peuvent également servir un choix entre diverses théories.

M. Guéry admet comme postulat indispensable qu'un rayon qui se transmet en ligne droite par rapport à un objet de référence, se transmet également en ligne droite par rapport à un autre objet de référence en mouvement rectiligne et uniforme par rapport au premier. Il examine alors ce que l'expérience apprend sur la réflexion des rayons lumineux issus d'un foyer n'ayant pas le même mouvement que le miroir et rappelle que M. Michaux a montré (*Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 10 mars 1919), que, parmi les théories en présence deux seulement étaient d'accord avec les expériences de Fabry, Buisson, Majorana, celle de Lorentz et celle de Ritz postulant une vitesse de transmission constante, l'une par rapport à l'éther immobile (Lorentz), l'autre par rapport au foyer lumineux (Ritz).

L'expérience de Michelson ne permet également que ces deux interprétations en admettant le postulat jugé indispensable par M. Guéry. Mais les théories de Lorentz et de Ritz conduisent pour l'effet Doppler-Fizeau à des résultats qui diffèrent de quantités de l'ordre de grandeur du carré du rapport de v à V ; malheureusement la précision des mesures ne permet pas de conclure en faveur de l'une ou l'autre théorie.

Devant cette impossibilité M. Guéry envisage d'autres considérations déjà exposées dans un article antérieur (1). Il fait remarquer que l'hypothèse de Lorentz, d'un éther immobile dans son ensemble, ne rencontre aucune contradiction ni dans le domaine de l'optique ni dans celui de l'électromagnétisme et pourrait même expliquer la cohésion. Au contraire l'hypothèse de Ritz paraît difficilement conciliable avec un autre point de la théorie de ce physicien, à savoir que le mouvement du miroir par rapport à la source est sans influence sur le rayon réfléchi.

En terminant, l'auteur envisage l'hypothèse de l'entraînement de l'éther par la matière. « Mais, dit-il, comment accorder cette hypothèse avec le résultat de l'expérience de Sagnac? L'éther devrait être entraîné par la source et non par les miroirs, ou bien ni par les uns ni par les autres d'une façon sensible, mais seulement par la terre. L'entraînement dépendrait donc de la nature de la masse au corps considéré. Ce fait devrait avoir des conséquences dont il est singulier que l'on ne se soit pas aperçu ».

Il ajoute : « Les différentes hypothèses que l'on peut faire ainsi pour justifier la théorie de Ritz ont d'ailleurs ce caractère commun d'être particulières à l'optique et de ne permettre aucun lien avec les autres branches de la physique ; elles sont infécondes. Celle de Lorentz, au contraire, est féconde, C'est une raison suffisante pour la préférer jusqu'à ce que l'expérience ait décidé. »

LES MÉFAITS DU DÉBOISEMENT, par Paul DESCOMBES. — La question du déboisement est connexe de celle de l'utilisation de l'énergie hydraulique ; les renseignements suivants donnés par M. Descombes dans deux communications, l'une d'ordre général, l'autre se rapportant au massif des Cévennes présentent dès lors quelque intérêt pour nos lecteurs.

Les forêts françaises, dit-il, ont subi depuis un peu plus d'un siècle deux terribles saignées, l'une au début du dix-neuvième siècle, l'autre au cours de la grande guerre 1914-1918.

Sur les 52 millions d'hectares que contient la France, sans compter l'Alsace et la Lorraine, l'aire forestière ne dépasse pas 10 millions d'hectares. Or, le taux normal de boisement étant égal au tiers, on voit que la France a un déficit de 7 millions d'hectares de bois.

L'effort forestier du dix-neuvième siècle n'a réparé qu'un dixième du désastre causé dans nos forêts par la Révolution, qui a eu pour effet d'abaisser en huit ans le taux général de boisement de 27 à 17,5 pour 100. Malgré les reboisements d'utilité publique effectués sur plus d'un million d'hectares dans les dunes, les landes de Gascogne, la Sologne, les Dombes, les montagnes, l'augmentation de l'aire forestière était seule-

(1) F. GUÉRY. Contraction de Lorentz et relativité ; *R. G. E.* 11 et 18 février 1922, t. XI, p. 179-190 et 219-232. Un tirage à part de cet article a été fait sous forme d'une brochure, format 23 cm × 14 cm, 80 pages, en vente aux bureaux de la *Revue générale de l'Electricité*, prix, 4 50.

Digitized by Google

ment de 600 000 hectares en 1910. C'est bien peu, dit M. Descombes, vis-à-vis des 2 à 3 millions d'hectares qui forment les bassins supérieurs de nos rivières torrentielles et des 6 à 7 millions d'hectares de terres incultes, dénudées qui sont éparpillées dans nos régions montagneuses.

En quarante ans, on n'a pas fait le septième des reboisements prévus en 1860 par le Ministère des Finances.

Pendant la guerre, la crise du charbon, la crise des transports, la nécessité de faire des baraquements et de consolider les tranchées, ont été cause d'énormes dommages dans nos massifs forestiers.

Les déboisements ont coûté à la France plus de 50 milliards, d'après M. Paul Descombes. Si la France avait conservé son boisement du dix-huitième siècle, soit environ 27 pour 100, les premières installations de houille blanche eussent été trois fois moins chères. On aurait pu, dès avant la guerre, équiper les deux tiers des forces motrices existantes et on n'aurait pas manqué de charbon pendant les hostilités.

Un programme de régénération forestière s'impose. Il semble qu'on pourrait, par un effort raisonnable et qui ne serait pas trop dispendieux, reboiser 4 millions d'hectares. Sa réalisation aurait coûté, avant la guerre, 1 milliard 700 millions de francs et aurait demandé un délai de vingt ans. Avant trois quarts de siècle, la France disposerait ainsi de tous les bois d'œuvre nécessaires à sa consommation.

Dans son autre travail, relatif aux particularités météorologiques des Cévennes, M. Paul Descombes signale la disparition des châtaigniers dans le Plateau Central. Ce déboisement a été déterminé surtout par les industriels allemands, qui avaient acheté avant la guerre nos forêts de châtaigniers pour en extraire le tanin contenu dans l'écorce de ces arbres. Des dévastations analogues ont eu lieu en Corse où le châtaignier a également presque disparu.

Un reboisement des Cévennes est cependant en train d'être entrepris. La papeterie, pour ne citer qu'un exemple, envisage la plantation de 180 000 hectares pour se procurer sa matière première, au lieu d'être tributaire de l'étranger pour ses pâtes de bois. Les trembles et les épicéas qu'elle plantera donneront aux plaines la sécurité, tout en fournissant des fibres aux papeteries. Les eucalyptus qu'on plantera dans la zone littorale, à l'abri d'un rideau de cyprès, et dont la croissance est très rapide, concourront plus vite encore à un autre résultat : celui d'atténuer la violence des vents méditerranéens qui vont engendrer l'inondation dans les Cévennes.

La régénération forestière, conclut M. Descombes, est donc indispensable. Elle a pour effet de conjurer l'inondation, d'alimenter les voies navigables, de suppléer à l'insuffisance de nos gisements houillers, de fournir les bois nécessaires à l'industrie. Il suffit, pour obtenir tout cela, de restituer à nos montagnes leur manteau de verdure.

Sur un téléphone autodétecteur, par Dongier. — Cet appareil est constitué par une pointe métallique, en contact avec un minerai ou un métal oxydé, fixé lui-même sur une membrane métallique vibrante. La membrane et la pointe sont reliées aux bornes d'un circuit dans lequel est intercalé le circuit secondaire d'un transformateur dont le primaire contient une pile et un microphone. La membrane vibrante reproduit avec une rigoureuse fidélité la parole ou le chant émis devant le microphone. Au point de contact de la pointe et du minéral, les effets attractifs et répulsifs sont en relation avec les variations du courant provoquées par le microphone. Ces effets d'attraction et de répulsion ont été mis en évidence par M. Dongier, au moyen d'un dispositif où la membrane vibrante est supprimée; la pointe est alors fixée à une tige portant un pavillon qu'on applique à l'oreille. La parole et le chant sont encore perçus avec une netteté parfaite. Le pavillon peut même être supprimé et on observe les mêmes effets en mettant l'extrémité de la tige dans le creux de l'oreille.

Essais de réception a Montpellier de messages radiotéléphoniques émis de Paris, par M. Moulard. — Ces essais ont été exécutés au moyen du dispositif connu sous le nom de « radiola » que construit la Société française radiotélégraphique et qui renferme, sous une forme ramassée, tous les organes nécessaires à la réception des messages radiotéléphoniques et des concerts radiophoniques. L'appareil utilisé dans les essais de Montpellier comportait, outre le cadre pouvant être accordé au moyen d'un condensateur à capacité variable sur des longueurs d'ondes de 900 à 3000 m, un amplificateur à 4 lampes et une antenne couplée au cadre et assortie; cette antenne était constituée par 2 fils d'environ 40 m de longueur, tendus à une hauteur moyenne de 20 m au-dessus du sol et aboutissant à l'appareil par une descente de 15 m; le dernier des deux étages à basse fréquence de l'amplificateur attaquait un « diffuseur » du système S. F. R.

Les essais ont montré que, malgré les perturbations atmosphériques assez fortes, les concerts radiophoniques émis par la tour Eiffel pouvaient être entendus par une cinquantaine de personnes en même temps; il en était de même des émissions radiotéléphoniques de l'usine de la Société française radiotélégraphique située à Levallois.

VIII. **Le lieu du prochain congrès.** — Sur la proposition du bureau, l'assemblée générale de clôture a décidé que le congrès de l'an prochain se tiendrait à Bordeaux.

J. B.

Digitized by Google

La vitesse des oscillations électriques et la mesure des longueurs d'onde

Degré de précision des déterminations de ces deux grandeurs. Méthode de mesure directe de la vitesse.

Dans cette note, présentée au récent Congrès de Montpellier de l'Association française de l'Avancement des Sciences, l'auteur montre que la fréquence des oscillations électriques peut être aujourd'hui déterminée avec une approximation de 1 millième, leur longueur d'onde ne peut l'être avec une précision aussi grande du fait que leur vitesse de propagation n'est connue qu'avec une approximation du deux centième (1).

En employant des self-inductions et des capacités étalonnées, associées de manière à constituer un circuit oscillant de longueur d'onde connue, on a réalisé des ondemètres ou contrôleurs d'ondes, appareils qui fournissent la valeur de la longueur d'onde des oscillations électriques utilisées dans la pratique de la radiotélécommunication.

Quel degré de précision atteint-on ainsi? Avec quelle erreur est obtenue la valeur de la longueur d'onde? On estime que les ondemètres utilisés dans la pratique atteignent, mais ne dépassent pas la précision de 1 pour 100.

Il y aurait intérêt à la détermination précise des longueurs des ondes électriques de haute fréquence utilisés en radiotélécommunication.

Peut-on, et a-t-on pu atteindre une précision plus grande dans la mesure des longueurs d'ondes?

MM. H. Abraham et E. Bloch (2) ont publié, il y a deux ans, des expériences au cours desquelles ils sont parvenus à mesurer en valeur absolue les périodes des oscillations électriques de haute fréquence.

A cette effet, ils étalonnent un diapason à 1 000 p : s par comparaison avec une horloge garde-temps de manière à avoir la valeur exacte en secondes de la période du diapason.

Cette mesure faite, ils constituent une source d'ondes électriques entretenues dont la fréquence fondamentale peut être rendue égale à celle du diapason; ils règlent exactement l'égalité des deux fréquences.

La source d'ondes électriques est choisie de manière à posséder plusieurs dizaines d'harmoniques. Les harmoniques d'ordre élevé se trouvent correspondre aux fréquences d'ondes électriques usuelles : ainsi le cinquantième harmonique correspond à la fréquence 50 000, c'est-à-dire à une longueur d'onde voisine de 6000 m.

Les auteurs assurent et ont vérifié qu'ils pourraient répondre d'une précision d'au moins un dix millième dans la mesure de la période du diapason.

En utilisant un multivibrateur, riche en harmonique, dont la fréquence fondamentale est comparée directement à celle du diapason (et par lui à la seconde fondamentale) et en combinant son emploi avec une méthode de résonance convenable (hétérodyne auxiliaire permettant de choisir un son de battement) on obtient des résonances d'une extrême finesse. Les auteurs estiment *déterminer directement en valeur absolue la période du circuit oscillant avec une précision qui atteint au moins le millième.*

En peut-on déduire que la longueur d'onde se trouve mesurée avec cette précision du millième?

On peut assurer que cette précision, qui peut être *celle de la période*, ne saurait être celle que présente la longueur d'onde.

Les auteurs, en effet, calculent la longueur d'onde à partir de la période et *en multipliant la période par la vitesse connue de propagation des ondes.* C'est là, en multipliant, que la précision s'évanouit. Pour qu'elle demeure il faudrait pouvoir assurer la précision de la valeur de la vitesse avec la même approximation.

Il y a confusion dans l'attribution que l'on laisse au qualificatif : au millième près.

Dans la relation

$$\lambda = VT.$$

(1) Rappelons à ce propos que cette question a déjà été présentée dans ces colonnes Dans le numéro de la *Revue générale de l'Electricité* du 14 juin 1919, t. v, p. 855-856, a été reproduite la note présentée le 2 juin, à l'Académie des Sciences, sous le titre : *Sur la mesure en valeur absolue des périodes des oscillations électriques de haute fréquence*, par H. Abraham et E. Bloch, où se trouve décrit le dispositif employé pour cette mesure; dans celui du 12 juillet 1919, t. vi, p. 43-44, a été reproduite une seconde note des mêmes auteurs, présentée le 16 juin à l'Académie des Sciences et intitulée : *Sur l'entretien des oscillations mécaniques au moyen des lampes à trois électrodes*, qui complète la précédente. A la suite de la communication de ces travaux à la Société française de Physique, M. Turpain a adressé à cette société une note, lue à la séance du 21 novembre 1919, dans laquelle il appelait l'attention sur le fait que la fréquence et la longueur d'onde des oscillations électriques ne pouvaient être connues avec la même approximation; un résumé de cette note et de la réponse de M. Abraham, a été donné dans le numéro du 20 décembre 1919, t. vi, p. 874. Enfin, dans le numéro du 16 janvier 1920, t. vii, p. 42-43, a été publiée une lettre de M. Turpain relevant une erreur typographique qui s'était glissée dans ce numéro (N. D. L. R.).

(2) *Comptes rendus des Séances de l'Académie des Sciences*, 2 juin 1919.

Digitized by Google

Seule, la période T est, grâce aux très soigneuses expériences des auteurs, connue à une approximation du millième près.

La vitesse des ondes électriques, n'est connue qu'à un deux centième près, tout au plus.

Dès lors le calcul de la longueur d'onde introduit le même degré d'approximation.

Alors qu'on peut assurer au millième près la valeur d'une période de un cinquante millième de seconde par exemple. Si la vitesse n'est connue qu'à un deux centième près, c'est-à-dire doit être considérée comme comprise entre 300000 km : s et 301 500 km : s, le calcul de λ donne entre 6000 m $\left(\frac{300000 \text{ km}}{50000}\right)$ et 6030 m $\left(\frac{301\,500 \text{ km}}{50000}\right)$.

La longueur d'onde n'est donc connue qu'à 30 m près sur 6000 m, c'est-à-dire à un deux centième près.

Les discussions faites naguère par Cornu, comme celles du professeur russe Wienberg sur les valeurs de V, vitesse de la lumière, situent cette valeur avec une précision qui est loin d'atteindre le un millième et ne dépasse guère le un deux centième.

D'autre part, entre le nombre de Cornu (1871-1874) : 300400, et celui de Michelson (1902) : 299,890, il y a une différence supérieure au un six centième, mais ce sont là des moyennes, et *seulement des moyennes*, les nombres réellement fournis par les mesures elles-mêmes diffèrent de ceux-là autour desquels ils oscillent. En ce qui concerne le nombre V (Rapport des unités électromagnétiques et électrostatiques) pour les nombres trouvés : 229 200 (Abraham, 1892); 300 001 (Hurmuzescu, 1896); 299710 (Rosa et Dorsey, 1907), qui eux encore *ne sont que des moyennes*, l'approximation n'atteint pas le un trois centième.

Il faudrait donc mesurer directement avec précision la vitesse des ondes électriques elle-même.

J'ai indiqué, en 1905 (*Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences*, 28 août 1905), une méthode basée sur l'emploi d'un miroir tournant dont on peut contrôler la vitesse instantanée, méthode qui est propre à fournir V directement (1). En mesurant au moyen d'un diapason étalonné la vitesse du miroir tournant, les inscriptions photographiques que la mise en œuvre de la méthode fournissent, permettent de contrôler à chaque instant la constance de la vitesse du miroir et d'en déduire directement la mesure de V.

A. TURPAIN,
Professeur à la Faculté des Sciences de Poitiers.

Utilisation du courant alternatif industriel dans les postes à lampes de réception de radiocommunications

Dans cet article, reproduction d'une communication faite au récent Congrès de Montpellier de l'Association française pour l'Avancement des Sciences, l'auteur décrit deux dispositifs qui lui ont permis de remplacer le courant continu généralement utilisé pour échauffer les filaments et maintenir à un potentiel convenable les plaques des lampes de réception, par du courant alternatif pris sur une canalisation d'éclairage.

Les lampes à vide sont devenues, dans les postes de réception de télégraphie sans fil, d'un emploi courant et à peu près indispensable quand une amplification quelconque est désirée. Ce sont de merveilleux appareils mais leur usage nécessite une double source auxiliaire d'électricité : 1° Pour chauffer les filaments sous 4 v et 0,5 à 0,7 a; 2° Pour maintenir sur les plaques un potentiel positif de 40 à 100 v ou même davantage. Ces sources auxiliaires sont généralement constituées par des piles ou des accumulateurs dont l'entretien, la surveillance et la recharge (pour les accumulateurs) présentent de sérieux ennuis, aggravés encore quand l'opérateur dispose seulement de courant alternatif.

Or, ce dernier courant est celui que l'on rencontre ordinairement pour les usages industriels ou domestiques. Nombre d'habitations, même à la campagne, sont éclairées avec du courant alternatif. Avec des transformateurs très simples, il est aisé d'obtenir du courant à toutes les tensions usitées en télégraphie sans fil. Il paraît donc hautement désirable de pouvoir utiliser le courant alternatif pour la réception, tant pour la basse que pour la haute tensions requises pour le fonctionnement des lampes à vide. Mais si on fait l'expérience sans précautions particulières, on constate que les écouteurs sont traversés par un bourdonnement persistant, rythmé sur la cadence des périodes du courant alternatif et qui rend toute réception impossible.

Pour éliminer ce bourdonnement, nous avons remarqué que sa cadence était, comme nous venons de le dire, identique à celle des périodes du courant alternatif, soit 25 à 50 p : s, suivant les réseaux. Par contre, les courants utilisés en télégraphie sans fil sont de très hautes fréquences, de 12 000 à 1 000 000 p : s, sinon davantage. Profitant de cette très grande divergence de fréquences, nous avons établi sur le circuit-

(1) Un résumé de cette communication a été publié dan *La Revue électrique* du 15 novembre 1905, t. IV, p. 282.

Digitized by Google

plaque de la dernière lampe de réception un circuit oscillant réglable accordé sur la longueur d'onde de radiocommunication que l'on désire recevoir. Ce circuit se laisse facilement traverser par le courant alternatif de basse fréquence, tandis qu'il agit comme une barrière presque absolue vis-à-vis de l'onde de télégraphie. Nous placerons donc, en dérivation sur ce circuit oscillant, un appareil de détection et les téléphones usuels. Détecteur et écouteurs ne recevant que les alternances de télégraphie sans fil et presque rien de celles du courant alternatif industriel, on aura dans les téléphones des sons à peu près complètement dépourvus des bruits parasites signalés plus haut.

Cette méthode ne s'applique évidemment qu'à l'onde de radiocommunication maintenue en haute fréquence, c'est-à-dire avant détection. Mais, sous cette réserve, elle est très générale et se prête non seulement à l'amplification à plusieurs étages (en haute fréquence) mais encore à la réception des ondes amorties, de celles entretenues et de la téléphonie sans fil. Ne pouvant envisager ici toutes les applications possibles, nous nous bornerons à la description de montages fondamentaux qui permettront aux expérimentateurs de se faire une opinion documentée sur l'utilisation du courant alternatif.

La figure 1 représente un poste de réception à deux lampes amplificatrices couplées par la méthode clas-

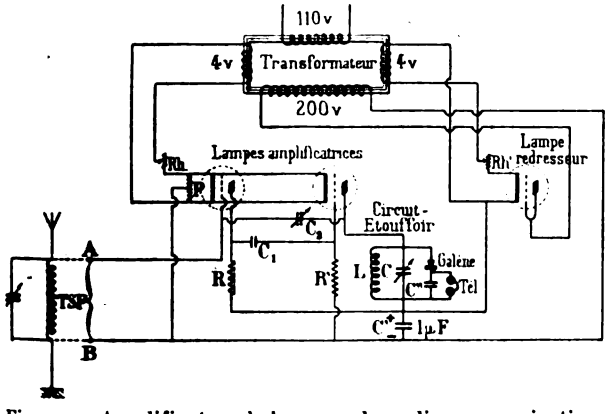


Fig. 1. — Amplificateur à lampes de radiocommunications fonctionnant avec du courant alternatif industriel.

sique de résistances-capacités. Les filaments sont chauffés, en parallèle, par du courant alternatif à 4 v que l'on règle par le rhéostat Rh (de 1 à 5 ohms). Le condensateur de C_1 est d'environ 0,005 microfarad, valeur qui est à préciser par expérience et d'après la longueur d'onde à recevoir; R est une résistance de 75 000 ohms environ; R' est une résistance de grille de 3 à 5 méghoms. Un petit condensateur variable C_2, de 0,0001 microfarad et même moins, sert de compensateur entre la grille d'une lampe et la plaque de l'autre. Il permet le renforcement des sons obtenus et, par un couplage convenable, la réception des ondes entretenues par la méthode des battements en autodyne.

Tout ceci n'a aucun caractère original et l'on pourrait monter plusieurs lampes en haute fréquence au lieu de deux seulement. On pourrait aussi, au lieu de relier l'amplificateur à une simple self-inductance d'antenne accordée, connecter les points d'entrée A et B de l'amplificateur aux bornes d'un secondaire de Tesla ou d'un cadre. Mais nous appelons maintenant l'attention de nos lecteurs sur le circuit étouffoir LC placé sur le circuit plaque de la seconde lampe (fig. 1). Ce circuit comprend, comme nous le disions, une self-inuctance et un condensateur, tous deux variables et accordés sur l'onde à recevoir, exactement comme l'est un secondaire de Tesla sur son primaire. C a une valeur maximum de 0,001 microfarad. Le détecteur est tout simplement celui à galène, connu de tous, et les écouteurs, d'assez grande résistance (2 000 à 8 000 ohms), sont shuntés par un petit condensateur fixe de 0,005 microfarad environ.

La source de haute tension positive est formée par du courant alternatif dont on utilise seulement les alternances positives. Dans ce but, on interpose, sur le courant à 200 v, emprunté à un enroulement du transformateur, un redresseur constitué par une lampe de réception ordinaire dont la grille et la plaque sont réunies électriquement. Le filament est chauffé, à travers le rhéostat Rh, par du courant alternatif sous une tension 4 v. On a ainsi réalisé une valve à deux électrodes, l'une chaude et l'autre froide, qui ne laisse passer le courant que dans la direction du filament. Celui-ci joue le rôle d'un pôle positif et c'est à lui que sont reliées les plaques des lampes amplificatrices en passant soit par la résistance R soit par le circuit-étouffoir. Pour atténuer l'effet de la suppression de la moitié des alternances du courant industriel, un condensateur, d'une valeur approximative de un microfarad, sert de volant entre les deux conducteurs à haute tension.

Ajoutons que les fils de retour des grilles des lampes amplificatrices reviennent aux filaments, non pas directement, mais à travers la prise médiane d'une résistance de réglage P (de 400 à 1 000 ohms). Cette prise, dite équipotentielle, permet une audition très pure sans aucune vibration parasite alors que, en l'absence de cette résistance, il en apparait parfois.

Le montage ci-dessus, nous l'avons vu, permet de recevoir directement des ondes amorties, de la téléphonie sans fil et même des ondes entretenues au moyen du condensateur de compensation. Nous préférons toutefois recevoir les émissions entretenues par le moyen d'un hétérodyne séparé. Nous avons établi ce dernier également sur courant alternatif en haute et basse tension.

Après les explications précédentes, nous pourrons être brefs sur la description de l'hétérodyne (fig. 2). La lampe hétérodyne et celle servant de redresseur sont toutes deux alimentées par un courant alternatif de 4 v. La haute tension, moins élevée que pour l'appareil récepteur proprement dit, est fournie par la lampe soupape complétée par le condensateur de *un* microfarad. La self-induction L et le condensateur variable C

Digitized by Google

(0,001 microfarad) constituent le circuit oscillant de l'hétérodyne, circuit établi comme il est indiqué sur la figure 2 et couplé avec le poste principal par le moyen du cadre d'accrochage indiqué au schéma. Il

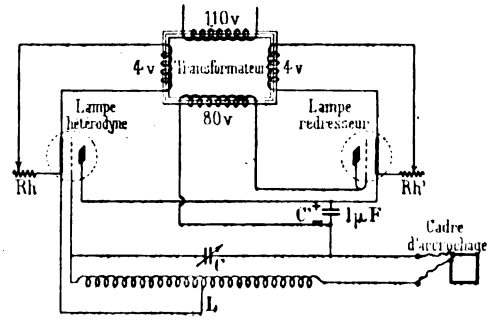


Fig. 2. — Hétérodyne fonctionnant sur courant alternatif industriel.

est inutile, pour l'hétérodyne, de prévoir un circuit étouffoir quelconque. Celui du poste principal suffit à supprimer toutes les perturbations dues à l'usage de l'alternatif dans la mise en marche de l'hétérodyne.

Il nous reste maintenant à indiquer les résultats obtenus. Nous avons fait fonctionner notre poste successivement avec des batteries d'accumulateurs suivant les règles classiques et ensuite rien qu'avec du courant alternatif sans aucune pile ni le moindre accumulateur. Nous avons obtenu des auditions de force sensiblement identiques et de même pureté de ton ; ces résultats s'appliquent, comme nous l'avons indiqué déjà, aux diverses réceptions possibles en télégraphie sans fil : amorties, entretenues ou téléphonie.

Nous n'ignorons pas que notre méthode comporte des complications. D'abord des transformateurs à enroulements spéciaux (ceux dont nous nous servons proviennent de la maison Ferrix), puis des lampes-soupapes, un circuit-étouffoir auxiliaire et un détecteur à galène. Ce dernier a une mauvaise réputation, qui est d'ailleurs exagérée. Par contre, on évite l'achat et l'entretien d'accumulateurs et de piles. Le courant alternatif est d'un usage propre et économique, à peu près indéréglable une fois le montage réalisé. Quant à son efficacité, elle est, nous pouvons le redire, sensiblement aussi bonne que l'on peut désirer. C'est donc à chacun de voir si l'utilisation du courant alternatif paraît préférable. Pour nôtre part, nous en sommes pleinement satisfait.

Marcel Moye,
Professeur à l'Université de Montpellier.

Variation de la force électromotrice d'un élément Weston en quartz sous l'influence de la lumière ultraviolette (1)

Dans cette note, présentée au Congrès de Montpellier de l'Association française pour l'Avancement des Sciences, l'auteur relate les résultats des expériences qu'il a faites, en collaboration avec MM. Segol, sur un élément Weston soumis aux radiations d'une lampe Cooper-Hewitt.

La lumière ultraviolette ayant une action chimique puissante et variée, il était naturel de penser à la possibilité d'une modification dans les constantes d'une pile qui n'est, en réalité, qu'un système chimique.

Nous avons choisi la pile de Weston parce qu'elle est très peu sensible aux variations de température, et aussi à cause de son petit volume qui permet aux radiations ultraviolettes d'agir dans toute son épaisseur.

Mais le verre étant opaque pour les rayons de courte longueur d'onde, nous avons fait construire un élément en quartz du même type que l'élément normal (2) de Weston en verre ordinaire.

Avant de soumettre notre pile à l'action des rayons ultraviolets, on a mesuré sa force électromotrice, et on l'a toujours trouvée supérieure à celle de l'élément étalon en verre : 1,0252 v.

Dans les expériences que nous allons rapporter, toutes les mesures ont été faites avec un potentiomètre de Carpentier, aimablement mis à notre disposition à l'Ecole supérieure d'Electricité de Paris, et avec la collaboration de M. Peyronnet, ingénieur.

On place donc l'élément Weston en quartz, dont nous connaissons la force électromotrice initiale, à 12 cm du brûleur d'une lampe à vapeur de mercure Cooper-Hewit, fonctionnant sous 110 v et ¼ A; et on mesure, d'instants en instants, sa force électromotrice. On remarque qu'elle diminue progressivement et lentement jusqu'à un minimum de 1,0192 v, après trente minutes dix secondes d'exposition.

Le tableau qui suit donne les forces électromotrices lues, les températures et les forces électromotrices corrigées d'après l'équation de correction de températures

$$E_\theta = 1{,}0183 - 0{,}000038(\theta - 20) - 0{,}00000065(\theta - 20)^2 \text{ v.}$$

(1) Ce travail a été fait en collaboration avec MM. J. Segol, ingénieur-chimiste, et E. Segol, ingénieur-électricien.

(2) Un élément normal est composé de M — MSO^4 — Hg^2SO^4 — Hg (M est un métal quelconque). Dans l'élément Weston, le métal est du cadmium; dans l'élément Clark, c'est du zinc.

Digitized by Google

Dès que l'élément a été soustrait à l'action de la lumière ultraviolette, la force électromotrice augmente à nouveau et met quarante minutes vingt secondes pour reprendre sa valeur initiale : 1,0252 v.

TABLEAU I.

Tableau des températures, des forces électromotrices lues, des forces électromotrices corrigées et des temps.

TEMPÉRATURES	TEMPS D'EXPOSITION min.	sec.	FORCES ÉLECTROMOTRICES lues	corrigées d'après θ
26°	0	0	1,0252	1,0254
	1	30	1,0250	1,0252
27,5	2	30	1,0248	1,0251
	3	15	1,0246	1,0249
	4	15	1,0244	1,0247
29	5	25	1,0242	1,0245
	6	15	1,0240	1,0244
30,5	7	55	1,0237	1,0241
	8	55	1,0234	1,02375
32	10	10	1,0230	1,02355
	11	15	1,0227	1,02325
33	12	55	1,0224	1,0230
	14	0	1,0221	1,0227
34,5	16	55	1,0215	1,02217
35	17	35	1,0210	1,02175
36	19	55	1,0206	1,02135
	21	40	1,0204	1,02125
37	23	10	1,0201	1,02095
38	25	15	1,0197	1,02055
39	27	40	1,0195	1,02045
	29	5	1,0193	1,0203
40	30	10	1,0192	1,0202
Arrêt de l'action des rayons ultraviolets				
39,5	31	30	1,0194	1,0204
38,0	33	15	1,0197	1,0206
	34	15	1,0199	1,0208
	36	5	1,0207	1,0217
36	36	45	1,0209	1,0218
	38	0	1,0211	1,0220
35	39	0	1,0213	1,0220
	40	0	1,0115	1,0222
34	41	0	1,0217	1,02236
33	42	0	1,0219	1,0225
32	43	30	1,0221	1,0226
	45	0	1,0223	1,02268
	46	10	1,0225	1,02285
	47	0	1,0226	1,02305
30	48	5	1,0228	1,02315
	49	0	1,0226	1,02325
	50	0	1,0232	1,02365
	53	0	1,0236	1,02405
27	54	30	1,0238	1,0241
	55	30	1,0239	1,0242
	56	0	1,0240	1,0243
	57	30	1,0241	1,0244
20	70	30	1,0252	1,0254

L'examen des chiffres de ce tableau nous montre que la force électromotrice de la pile irradiée va en décroissant d'une façon à peu près régulière, mais un peu plus lentement au commencement et vers la fin de l'expérience.

Lorsqu'on soustrait l'élément à l'action de la lumière ultraviolette, la force électromotrice remonte, mais plus lentement qu'elle était descendue; elle met quarante minutes vingt secondes pour reprendre sa valeur initiale, d'où elle était descendue en trente minutes dix secondes.

Nous avons construit les courbes représentant le phénomène d'abord pendant l'exposition aux rayons ultraviolets puis après l'arrêt de l'irradiation, en portant les forces électromotrices en ordonnées et les temps en abscisses.

En observant la courbe relative à la première période (fig. 1), nous remarquons qu'elle présente un

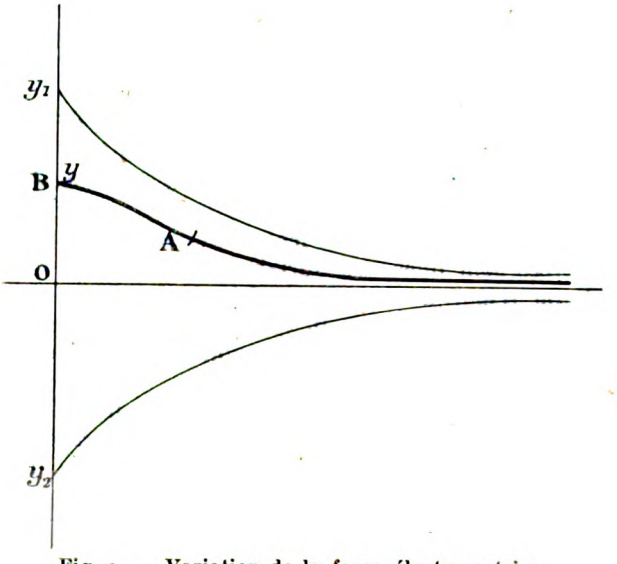


Fig. 1. — Variation de la force électromotrice en fonction du temps.

point d'inflexion en A. Une telle courbe (y) peut être considérée comme la somme algébrique des deux exponentielles

$$y_1 = \lambda_1 e^{-\alpha t}, \qquad y_2 = \lambda_2 e^{-\beta t}.$$

en prenant y_2, par exemple, comme négatif.

L'équation générale d'une telle courbe est

$$y = \lambda_1 e^{-\alpha t} + \lambda_2 e^{-\beta t},$$

α et β étant positifs et λ_1, λ_2 de signes contraires.

Le point d'inflexion est donné par la résolution, si elle est possible, de l'équation

$$\lambda_1 \alpha^2 e^{-\alpha t} = -\lambda_2 \beta^2 e^{-\beta t},$$

$$\overline{OB} = \lambda_1 + \lambda_2 \ (\lambda_1 \text{ ou } \lambda_2 \text{ devant être négatif}).$$

De l'examen de cette courbe, on peut tirer les hypothèses suivantes :

A. — Il pourrait y avoir échange d'énergie (électrique $\rightleftarrows$ chimique) à l'intérieur de la pile, échanges

Digitized by Google

provoqués par la lumière ultraviolette et pouvant correspondre :

1° A deux réactions différentes; les quantités d'énergie produites par l'une étant absorbées par l'autre;

2° A des variations se produisant autour d'un état d'équilibre. Notre courbe a, en effet, l'allure représentative d'un mouvement pendulaire amorti;

3° A des échanges qui seraient contrariés par une perte continuelle d'énergie.

B. — Il pourrait se produire, à l'intérieur de la pile, un couple électrique antagoniste au couple principal. La formation de ce couple serait réglée par la loi exponentielle ci-dessus.

L'équation de la formation de ce couple en fonction du temps serait alors

$$\lambda_1 + \lambda_2 - (\lambda_1 e^{-\alpha t} + \lambda_2 e^{-\beta t}) = y,$$

Les rayons ultraviolets interviendraient pour créer ce couple dont la valeur finale serait $\overline{OB}$, et l'établissement en serait gêné par un frottement d'une espèce particulière.

On pourrait objecter que les actions que nous avons observées sont dues aux variations de température; mais on remarquera que, pour l'élément Weston, ces variations sont de l'ordre du 1/10000, tandis que celles produites par la lumière ultraviolette atteignent la deuxième décimale.

L'examen de la courbe nous montre qu'il y a une résistance, une sorte de difficulté de démarrage au début de l'expérience, pendant les treize premières minutes; ensuite le phénomène suit sa marche descendante d'une façon très régulière, avec une allure nettement exponentielle.

Il ne nous semble pas qu'il y ait eu une action physique proprement dite, une action électrique qui se serait manifestée brusquement au début de l'expérience. Il y a eu plutôt une action chimique sur le dépolarisant, action réversible puisque la pile a pu reprendre sa force électromotrice initiale après qu'elle a été soustraite à l'action des rayons ultraviolets. Nous avons constaté, en effet, que le sulfate mercureux était fortement noirci du côté irradié.

Dans des expériences que nous avons faites sur les sels de mercure (et qui sont relatées à la section des sciences pharmaceutiques), nous avons observé que le sulfate mercureux est transformé par les rayons de courte longueur d'onde, en sulfate mercurique et mercure; la réaction est réversible. Il y a donc une limite, et c'est bien ce que montre l'allure asymptotique de la courbe.

Si nous avions eu la possibilité de refaire facilement de pareilles mesures de haute précision, nous aurions observé ce qui se passerait si on n'irradiait qu'un des pôles de la pile, en protégeant l'autre par un écran opaque aux rayons ultraviolets. Nous aurions ensuite étendu nos observations à d'autres systèmes de piles, en particulier à celles qui n'exigent que des solutions peu concentrées. Nous nous proposons d'y revenir.

J. POUGNET,
Docteur en pharmacie, licencié ès sciences.

Revues, analyses et informations

L'accélération dans les montages en cascade des moteurs à courant continu avec les moteurs triphasés (1).

Les deux procédés les plus employés permettant de réaliser le fonctionnement à vitesse variable sans perte d'énergie, des moteurs asynchrones triphasés sont les procédés Krämer et Scherbius, dont les dispositions sont représentées schématiquement par les figures 1 et 2.

L'énergie induite dans le rotor du moteur principal V est transmise à une commutatrice U qui alimente du côté continu un moteur auxiliaire H à courant continu. A l'état d'équilibre sous vitesse constante, la force électromotrice du moteur auxiliaire est déterminée par la valeur de son courant d'excitation. La vitesse de la commutatrice est, si l'on néglige les chutes ohmiques, proportionnelle à cette force électromotrice Cette vitesse détermine la valeur du glissement du moteur principal. Dans le procédé Krämer, le moteur auxiliaire est relié mécaniquement à l'arbre du moteur principal et restitue sous forme mécanique l'énergie de glissement. Dans le procédé Scherbius, le moteur auxiliaire entraîne une génératrice restituant, sous forme électrique, l'énergie de glissement.

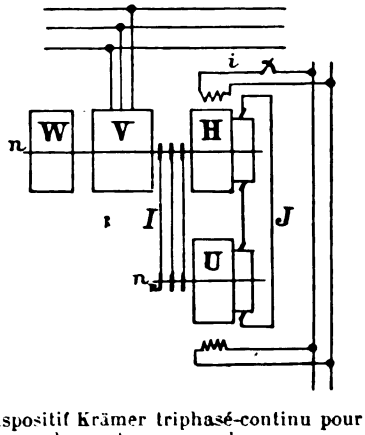


Fig. 1. — Dispositif Krämer triphasé-continu pour le réglage des moteurs asynchrones.

Comment s'effectue le passage d'une vitesse à l'autre, ou d'une charge donnée à une nouvelle charge ?

(1) Wilhem WEILER. *Elektrotechnik und Maschinenbau*, 13 mars 1922, t. XL, p. 121-123, 2000 mots, 3 fig.

Digitized by Google

Si nous désignons par : V, le moteur triphasé principal; H, le moteur auxiliaire à courant continu; U, la commutatrice; W, la charge; Q, la génératrice triphasée asynchrone; p_v, p_u, les nombres de paires de pôles de V et de U;

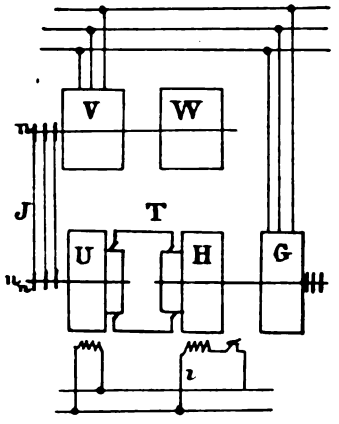


Fig. 2. — Dispositif Scherbius triphasé-continu pour le réglage des moteurs asynchrones.

n, n_u, les vitesses de V et de U; f, la fréquence du réseau; s, le glissement de V, soit

$$s = \frac{f - \frac{n}{60} p_v}{f};$$

QD^2, le moment d'inertie de l'arbre principal; QD_u^2, celui de U; $\mathcal{E}_v$, $\mathcal{E}_u$, les forces électromotrices de V et de U (alternatif); E_v, E_h, les forces électromotrices de U et de H (continu); I, le courant rotorique de V; J, le courant dans l'induit H.

On admettra : $\frac{J}{I} = 1{,}06$ à l'état d'équilibre et $\frac{\mathcal{E}_v}{\mathcal{E}_u} = 0{,}61$ à vide.

1. Dispositif Kramer. — Supposons que les machines tournant à vide viennent à être chargées. Le nouvel état d'équilibre est caractérisé par une diminution de la vitesse v, par conséquent, par une augmentation du glissement s. D'autre part, $\mathcal{E}_v$ doit devenir plus grand et E_h plus petit, puisque les courants I et J résultent de la différence $\mathcal{E}_v - 0{,}61\ E_h$. Le rotor V, diminuant de vitesse, la force électromotrice $\mathcal{E}_v$ se trouve déphasée en avance pendant la période transitoire par rapport à $\mathcal{E}_u$ et c'est la différence géométrique $[\mathcal{E}_v - \mathcal{E}_u]$ qui engendre le courant I, lequel tend à réduire l'angle de déphasage des forces électromotrices et joue, par conséquent, un rôle accélérateur pour V comme pour U. Or, un couple accélérateur doit s'exercer sur la commutatrice pendant la période transitoire, puisque sa vitesse doit croître pendant cette période. Il faut, pour cela, que J prenne une valeur inférieure à 1,06, puisque, à l'état d'équilibre (ou $J = 1{,}06\ I$), les couples exercés par I et J sur la commutatrice s'annulant, celle-ci ne développe aucun couple propre.

Le processus est semblable dans le cas du réglage de la vitesse par variation de l'excitation du moteur auxiliaire. Supposons que, les machines tournant à vide, on diminue i pour provoquer un accroissement de n. E_h diminue et il se produit une différence de tension $\mathcal{E}_v - 0{,}61\ E_h$ engendrant les courants I et J qui exercent sur V et H un couple accélérateur n_u devant devenir plus petit, il faut que J dépasse sa valeur d'équilibre $1{,}06\ I$ pour qu'un couple s'exerce sur la commutatrice. On a supposé, dans tout ce qui précède, que les masses tournantes sont équilibrées et que la commutatrice possède un enroulement amortisseur suffisant, de façon qu'il ne se produise pas d'oscillations.

Il faut donc déterminer le rapport $\frac{1{,}06}{J} I$ dans le cas où I joue un rôle purement accélérateur. On supposera, pour cette étude, que les pertes dans les trois machines sont négligeables, approximation admissible tant que n est suffisamment différent de la vitesse de synchronisme.

Soit L la puissance absorbée par V à l'équilibre. La puissance développée par H est Ls et les couples ont pour valeur à l'état d'équilibre,

$$D_v = A \frac{L}{\frac{f}{p_v}},$$

$$D_u = A \frac{Ls}{\frac{fs}{p_u}} - A \frac{Ls}{\frac{fs}{p_u}} = 0,$$

A étant une constante,

Le premier terme de cette expression représente le couple dû à I; le deuxième terme, le couple dû à J. On peut l'écrire encore

$$D_u = D_v \frac{p_u}{p_v} - D_v \frac{p_u}{p_v} = 0.$$

On en déduit

$$D_h = A \frac{Ls}{\frac{f}{p_v}(1 - s)} = D_v \frac{s}{1 - s}.$$

Supposons que V soit alors déchargé de telle sorte que le couple D_v deviennent purement accélérateur.

On doit avoir $J > 1{,}06\ I$, soit

$$J = (1 + k)\ 1{,}06\ I.$$

Les couples de la commutatrice et du moteur auxiliaire prennent alors pour valeurs

$$D_u = D_v \frac{p_u}{p_v} - D_v \frac{p_u}{p_v}(1 + k) = - D_v \frac{p_u}{p_v} k, \qquad (1)$$

$$D_h = D_v \frac{s}{1 - s}(1 + k). \qquad (2)$$

D'autre part

$$\frac{dn}{dt} = 375 \frac{D_v + D_h}{GD^2},$$

$$\frac{d(fs)}{dt} = - \frac{375}{60} \frac{D_v + D_h}{GD^2} p_v.$$

La variation de la fréquence devant être la même dans la commutatrice, on a

$$\frac{d(fs)}{dt} = \frac{375}{60} \frac{D_u}{GD_u^2} p_u;$$

Digitized by Google

d'où

$$\frac{375}{60}\,\frac{D_u}{GD_u^2}\,p_u = -\frac{375}{60}\,\frac{D_v + D_h}{GD^2}\,p_v. \qquad (3)$$

En plaçant D_u et D_h par leurs valeurs (1) et (2), il vient

$$\frac{GD^2}{GD_u^2}\left(\frac{p_u}{p_v}\right)^2 k = 1 + \frac{s}{1-s}\,(1+k),$$

ou, en posant

$$\frac{GD^2}{GD_u^2}\left(\frac{p_u}{p_v}\right)^2 = m,$$

on a finalement

$$1{,}06\,I = \frac{J}{1+k} = J\,\frac{m(1-s)-s}{m(1-s)-s+1}.$$

Cette formule permet de déterminer les variations cherchées du rapport $\frac{1{,}06\,I}{J}$. Les courbes de la figure 3 représentent cette variation en fonction de n pour différentes valeurs du glissement s.

Ces courbes tendent vers la valeur 1 pour $m = \infty$. Il y a

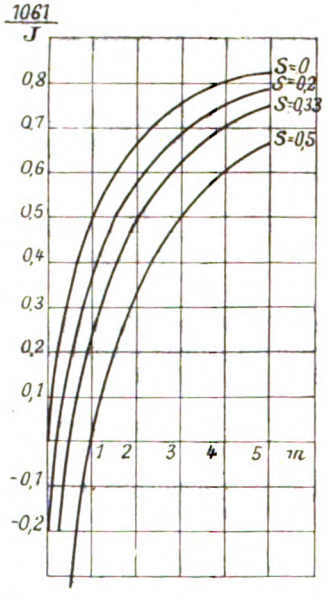


Fig. 3. — Variations du rapport du courant induit au courant du rotor en fonction du rapport m des moments d'inertie pour différentes valeurs du glissements.

lieu de remarquer que les équations (1) et (2) deviennent inexactes pour les très petites valeurs du glissement, les chutes de tension ohmiques ne pouvant alors plus être négligées.

II. Dispositif Scherbius. — Le calcul précédent s'applique également à ce procédé, Dh disparaissant toutefois de l'équation (3).

$$\frac{375}{60}\,\frac{D_u}{GD_u^2}\,p_u = -\frac{375}{60}\,\frac{D_v}{GD^2}\,p_v,$$

avec

$$D_u = D_v\,\frac{p_u}{p_v}\,k;$$

d'où l'on tire

$$k = \frac{1}{m} \quad \text{et} \quad 1{,}06\,I = J\,\frac{m}{1+m}.$$

Les courbes de la figure 3 sont importantes pour l'étude de la commutation de la commutatrice. Les commutatrices à pôles de commutation sont très sensibles aux variations du rapport $\frac{1{,}06\,I}{J}$. Il a été souvent constaté que, lorsque de telles machines sont établies pour être alimentées indifféremment du côté continu ou du côté alternatif, leur commutation est rendue sensiblement plus mauvaise du fait que les pertes dans le fer et celles dues au frottement doivent être couvertes tantôt du côté continu, tantôt du côté alternatif et que l'on a par conséquent soit $1{,}06\,I < J$, soit $1{,}06\,I > J$.

L'emploi de commutatrices à pôles de commutation doit donc être évité dans les montages en cascades destinées à subir des variations de vitesse fréquentes sous charge. Par contre, si les variations de vitesse ne se font qu'à intervalles éloignés et à vide et si, de plus, le moment d'inertie de la partie tournante principale est assez important pour que la commutatrice puisse suivre facilement les variations de vitesse consécutives aux à-coups de la charge, l'emploi de pôles de commutation peut devenir avantageux. — A. R.

Phénomènes de polarisation dans les tubes à rayons X (1).

S. Ratner a publié, dans le numéro de janvier de « Philosophical Magazine », un travail dans lequel il décrit des expériences faites avec des tubes à vide, et où il émet certaines explications des phénomènes observés. Cet auteur paraît, cependant, avoir négligé des résultats obtenus antérieurement, qui ont un rapport étroit avec le sujet de cette recherche, et qui en fait paraissent anticiper sur quelques-uns de ses propres résultats et contredire quelques-unes de ses conclusions. Il faut citer notamment les publications de Winkelman en 1901, puis de Campbell Swinton, et les propres communications de l'auteur de la présente note, faites en 1912. Les résultats de ces chercheurs s'opposent à l'affirmation de Ratner, selon laquelle jusqu'à présent le potentiel explosif dans les tubes à vide, sous très faible pression, a été considéré comme une propriété du gaz contenu daus le tube, étant déterminé entièrement par la nature et la pression du gaz. Il est bien connu que la disposition des électrodes dans le tube exerce sur les phénomènes de décharge une influence profonde. Dans les notes citées ci-dessus, il était indiqué qu'une explication probable de l'influence de la position des électrodes sur la dureté du tube vide devait être attribuée à la charge qui s'accumule sur les parois du tube entourant la cathode. Un tel effet serait clairement influencé par la quantité de métal projetée sur les parois pendant le fonctionnement du tube. En fait, beaucoup des particularités observées au cours du fonctionnement, sinon toutes, s'expliquent, dans une certaine mesure, qualitativement, par des considérations de cette nature. — L. B.

(1) R. Widdington. *Philosophical Magasi e*, avril 1922, t. XLIII, p. 720, 350 mots.

Digitized by Google

SECTION INDUSTRIELLE

Note sur la tarification de l'énergie électrique

Les nombreuses études publiées sur la tarification de l'énergie tant active que réactive ont fixé peu à peu des bases rationnelles pour la vente du courant électrique. L'application pratique de ces principes présente cependant, pour l'ingénieur chargé de l'établissement d'un tarif, un certain nombre de difficultés techniques qui compliquent un travail rendu ardu par le nombre des conditions imposées et l'impossibilité de satisfaire tous les intéressés. L'auteur étudie quelques problèmes particuliers dont les solutions, sans être absolument générales, sont susceptibles d'être adoptées dans des cas analogues.

I. **Tarification de l'énergie active ou wattée.** — Il n'entre pas dans le cadre de cet article d'étudier les nombreux systèmes de vente de l'énergie électrique adoptés par les différents secteurs, mais il y a lieu d'observer que les résultats favorables de l'expérience, comme d'ailleurs les suggestions de l'administration, tendent à faire triompher les tarifs binomes dits « à taxe fixe »; nous nous bornerons donc à l'étude de ces derniers.

Tarification à taxe fixe. — Ces tarifs, comme on le sait, comportent deux redevances distinctes : l'une, fonction du nombre de kilowatts (ou de kilovolts-ampères) souscrits, l'autre, proportionnelle au nombre de kilowatts-heures consommés. Ce système de vente rationnel correspond assez exactement aux charges de l'industriel qui produit lui-même la force motrice nécessaire à ses ateliers : la taxe fixe est l'équivalent de la somme des frais de main d'œuvre, ainsi que des charges d'intérêt et d'amortissement des capitaux engagés; la redevance proportionnelle, la dépense en huile de graissage et en combustible.

L'établissement des prix extrêmes dépend de nombreux facteurs : prix du charbon, main-d'œuvre, frais de premier établissement, importance du réseau. Supposons fixés le prix p_1 du kilowatt-heure pour la plus petite puissance, un cheval par exemple, et le prix p_2 pour la puissance P_2 à partir de laquelle le tarif devient constant (50 à 100 ch suivant les secteurs). Il s'agit de relier par une courbe continue les prix p_1 et p_2 sans que le tarif moyen de l'énergie présente d'anomalies.

Un problème analogue peut se poser pour la taxe fixe, la redevance annuelle par kilowatt souscrit pouvant être dégressive en vertu de ce fait que le prix d'achat d'une machine est loin d'être proportionnel à sa puissance. Cependant, pour les distributions en basse tension, l'écart entre les prix extrêmes n'est pas très important et, d'autre part, il est nécessaire de ne pas compliquer l'établissement des factures et les travaux de comptabilité; aussi on adopte, en général, une taxe fixe proportionnelle à la puissance souscrite.

Pour les ventes en gros d'énergie électrique à haute tension et pour les tarifs de péage des grandes lignes de transmission, quelques auteurs adoptent cependant le principe de la dégression des taxes fixes. Il en résulte une complication à peine compensée par une plus grande souplesse du tarif. En effet, les prix de vente de l'énergie doivent être établis en vue d'une double dégression, en fonction de la puissance souscrite et en fonction de la consommation. Ce résultat étant acquis, il n'y a pas intérêt à augmenter le nombre des paramètres indépendants dans le but de suivre le plus près l'allure des prix de revient. Ces prix dépendent non seulement de questions techniques mais aussi de problèmes financiers et sont trop variables pour être englobés dans une formule algébrique.

Tracé du graphique des prix du kilowatt-heure. — Cette courbe ne donne pas le prix moyen du kilowatt-heure, lequel prix est fonction de l'utilisation de l'abonné, mais bien le prix du kilowatt-heure à appli-

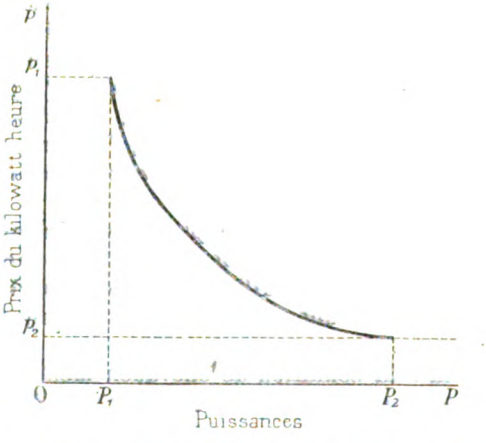


Fig. 1. — Courbe des prix du kilowatt-heure à appliquer suivant la puissance souscrite par l'abonné.

Digitized by Google

quer suivant la puissance souscrite. Soit p ce prix pour une puissance P; T la taxe fixe par kilowatt souscrit, l'utilisation N étant définie par le quotient du nombre de kilowatt-heures consommés annuellement, par la puissance souscrite en kilowatts. Cette utilisation varie de 200 à 500 heures pour l'éclairage domestique à 2 0000 heures pour les industries travaillant en moyenne huit heures par jour. Le prix moyen du kilowatt-heure est ainsi

$$\mathcal{P} = \frac{T}{N} + p;$$

il est représenté en fonction de l'utilisation N par une hyperbole ayant pour asymptotes l'axe op et la droite

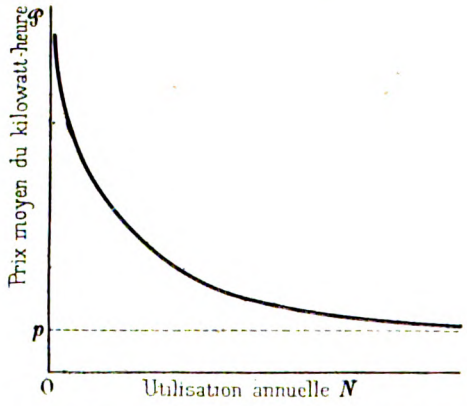


Fig. 2. — Courbe des prix du kilowatt-heure à appliquer suivant l'utilisation annuelle de l'abonné.

$P = p$ (fig. 2). L'importance relative de la taxe fixe est d'autant plus faible que l'utilisation est plus grande.

CONDITIONS D'UTILISATION MAXIMUM DE « CHEVAUCHEMENT » ET DE « FOISONNEMENT ». — Ces principes étant rappelés, examinons quelles sont les conditions que doit remplir la courbe $A_1 A_2$ joignant les points extrêmes de la tarification, de coordonnées respectives p_1 et P_1, p_2 et P_2.

Condition I. — En premier lieu, *à consommation annuelle égale (en kilowatts-heures), l'abonné ayant la plus forte utilisation doit bénéficier du tarif le moins élevé.*

C'est-à-dire que, par exemple, l'abonné ayant souscrit 40 ch mais ne travaillant que pendant 1 000 heures par an doit payer le kilowatt-heure plus cher que l'abonné souscrivant 10 ch mais travaillant pendant 4 000 heures.

C'est là « la condition de chevauchement », elle est rationnelle, car on sait, en effet, qu'une des principales causes de l'écart entre le prix de revient du kilowatt-heure et le prix de vente provient de la très mauvaise utilisation du matériel des centrales. Il est donc juste d'avantager l'abonné dont la consommation s'étend sur un grand nombre d'heures.

Condition II. — La deuxième condition, qui est celle relative « au foisonnement », peut s'énoncer de la façon suivante : *à consommation annuelle égale et pour un même nombre d'heures d'utilisation de la même puissance, le prix moyen du kilowatt-heure doit augmenter avec la puissance souscrite.*

Ainsi, deux abonnés souscrivent l'un 4 ch et l'autre 1 ch et utilisent tous les deux une puissance d'un cheval pendant 1 000 heures, soit 736 kilowatts-heures. Le prix moyen du kilowatt-heure doit être plus élevé pour l'abonné de 4 ch que pour l'abonné de 1 ch afin d'éviter le mauvais rendement des installations et une disproportion exagérée entre les puissances souscrites et les puissances réellement utilisées. Il serait en effet dangereux pour un secteur et sans utilité pour les abonnés d'adopter un tarif qui permettrait un foisonnement excessif et exigerait un réseau trop important eu égard aux besoins réels de la clientèle.

Nous allons étudier en détail les conséquences de ces deux conditions en ce qui concerne le tracé de la courbe $A_1 A_2$.

1° *Condition relative au chevauchement.* — 1° La première condition délimite dans le plan des coordonnées une surface à l'intérieur de laquelle doit se trouver entièrement la courbe $A_1 A_2$. Cette condition a été étudiée d'une façon très complète par M. Viel (1), qui a démontré que la courbe $A_1 A_2$ ne devait couper qu'en un seul point, chacune des courbes

$$Pp = C^{te}$$

où P est la puissance souscrite en chevaux et p le prix du kilowatt-heure consommé. Il y a lieu de remarquer que le segment de droite $A_1 A_2$ (fig. 3), ne jouit pas en

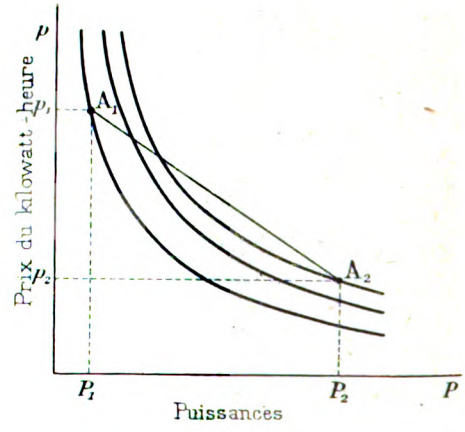


Fig. 3. — Courbe donnant les prix du kilowatt-heure en fonction de la puissance pour Pp = Cte.

général, de cette propriété. Si p_1 est le prix du kilowatt-heure pour la plus petite puissance P_1 du tarif, p_2 le

(1) G. VIEL. Exposé d'une méthode rationnelle de tarification de péage de l'énergie électrique applicable à une ligne de transmission d'énergie en commun ou à un réseau de lignes de transmission d'énergie en commun; *Revue générale de l'Electricité*, 8 octobre 1921, t. X, p. 473.

Digitized by Google

prix du kilowatt-heure pour la puissance maximum P_2 la surface considérée sera limitée par les deux hyperboles équilatères

$$pP = p_1P_1,$$
$$pP = p_2P_2,$$

passant respectivement par les points A_1 et A_2 (fig. 1). Les graphiques se simplifient par l'emploi des coordonnées logarithmiques (1), les hyperboles sont alors remplacées par des droites inclinées à 45° (fig. 4). Un

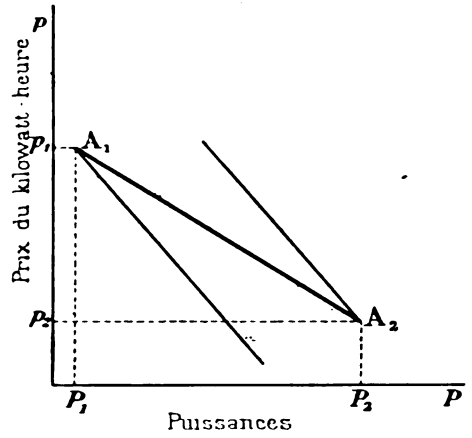


Fig. 4. — Modification des courbes de la figure 3 par l'emploi de coordonnées logarithmiques.

des avantages de cette transformation est de permettre l'utilisation de la droite A_1A_2 comme graphique des tarifs, cette droite ne coupant qu'en un seul point chacune des transformées des hyperboles $pP = C^{te}$. L'équation de cette droite est, en coordonnées logarithmiques,

$$[\log p] = -m\,[\log P] + [\log p_1],$$

avec l'hypothèse initiale où P_1 égale un cheval.

Dans le plan des coordonnées p et P, cette droite se transforme en une courbe dont l'équation est

$$p = \frac{p_1}{P^m}; \qquad (1)$$

c'est une hyperbole de degré m.

Dans le cas général où P_1 diffère de l'unité il est aisé de voir que l'équation de la courbe est :

$$p = \frac{p_1P_1^m}{P^m} = \frac{p_1}{\left(\frac{P}{P_1}\right)^m}.$$

Ce cas se ramène au précédent en prenant P_1 comme unité de puissance.

(1) G. Viel. *Loc. cit.*

La constante m se détermine en donnant à p et P les valeurs extrêmes p_2 et P_2; on a

$$p_2 = \frac{p_1}{P_2^m},$$

d'où

$$m = \frac{\log \frac{p_1}{p_2}}{\log P_2}.$$

Le rapport $\frac{p_1}{p_2}$ varie avec les secteurs, la nature de leurs centrales (thermiques ou hydrauliques). Sa valeur moyenne est environ 2,5. Le tableau suivant indique les différentes valeurs de m en fonction de P_2 pour $\frac{p_1}{p_2} = 2{,}5$:

m	P_2 en chevaux
0,285	25
0,234	50
0,199	100

Les graphiques de la figure 5 ont été tracés pour les prix extrêmes, $p_1 = 0.40$ fr, $p_2 = 0{,}16$ fr, et pour différentes valeurs de P_2.

2° *Condition relative au « foisonnement »*. — La seconde condition fait intervenir la pente de la courbe A_1A_2.

Nous avons vu que le prix moyen annuel du kilowatt-heure est

$$P = p + \frac{T \times P \times 0{,}736}{N \times P \times 0{,}736} = p + \frac{T \times P}{N \times P}. \qquad (2)$$

Dans cette formule, p est le prix du kilowatt-heure donné par la courbe A_1A_2 pour la puissance P; P, la puissance souscrite en chevaux; T, la taxe fixe annuelle par kilowatt souscrit; N, le nombre d'heures d'utilisation annuelle de la puissance P.

Considérons deux abonnés : l'un pour une puissance P, l'autre pour une puissance $P' > P$ et utilisant tous deux la même puissance P pendant N heures par an.

Le prix moyen du kilowatt-heure est pour le premier

$$P = p + \frac{P \times T}{P \times N},$$

et pour le second

$$P' = p' + \frac{P' \times T}{P \times N}.$$

Digitized by Google

La deuxième condition s'exprime par la relation $P < P'$ que l'on peut écrire

$$p - p' < \frac{T\,(P' - P)}{N \times P},$$

d'où l'on tire

$$\frac{p - p'}{P' - P} < \frac{T}{NP}.$$

Cette dernière inégalité exprime que la pente d'une

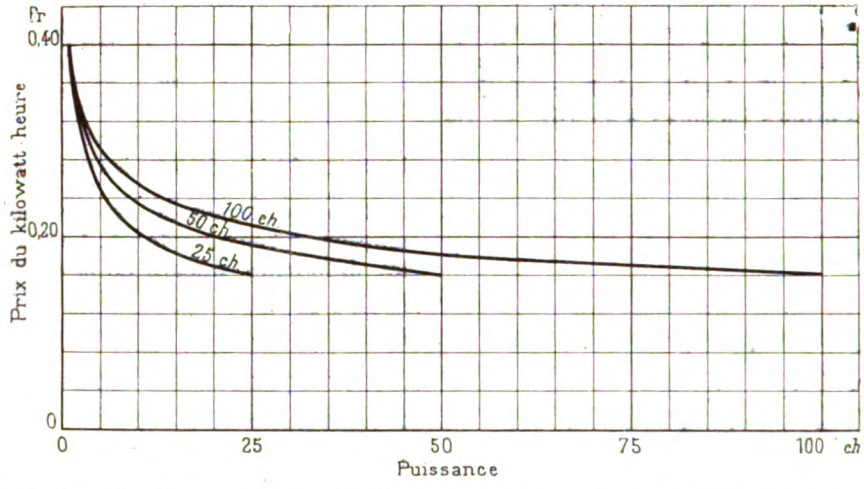


Fig. 5. — Prix du kilowatt-heure en fonction de la puissance P pour différentes valeurs de P_2.

corde quelconque de la courbe $A_1 A_2$ doit être inférieure à la limite $\frac{T}{NP}$. Cette condition sera réalisée à fortiori si les éléments de droite infinitésimaux auxquels on peut assimiler la courbe $A_1 A_2$ satisfont à cette même inégalité. En d'autres termes, la courbe théorique de tarif $A_1 A_2$ est définie par l'équation différentielle

$$-\frac{dp}{dP} = \alpha \frac{T}{N} \frac{1}{P}, \qquad (2')$$

α étant un coefficient compris entre o et 1.

En séparant les variables et en intégrant, on obtient l'équation de la courbe

$$p = K - \frac{\alpha T}{N} \log_e P, \qquad (3)$$

K étant la constante d'intégration. A l'extrémité A_1 de la courbe on a, d'après notre hypothèse : $p = p_1$ et $P = 1$; l'on en déduit, d'après l'équation (3), $K = p_1$, et l'équation de la courbe devient

$$p = p_1 - \frac{\alpha T}{N} \log_e P.$$

Dans le cas général où la puissance minimum P_1 du tarif diffère de l'unité, l'équation devient

$$p = p_1 + \frac{\alpha T}{N} \log_e P_1 - \frac{\alpha T}{N} \log_e P,$$

ou

$$p = p_1 + \frac{\alpha T}{N} \log_e \frac{1}{\left(\frac{P}{P_1}\right)}.$$

On est ramené au cas précédent en adoptant P_1 comme unité de puissance. Il suffit donc d'étudier l'équation

$$p = p_1 - \frac{\alpha T}{N} \log_e P.$$

Exemple. — La courbe de tarif de la figure 6 a été tracée d'après les bases suivantes :

$P_1 = 1$ ch, $p_1 = 0{,}40$ fr ;

$P_2 = 50$ ch, $p_2 = 0{,}16$ fr ;

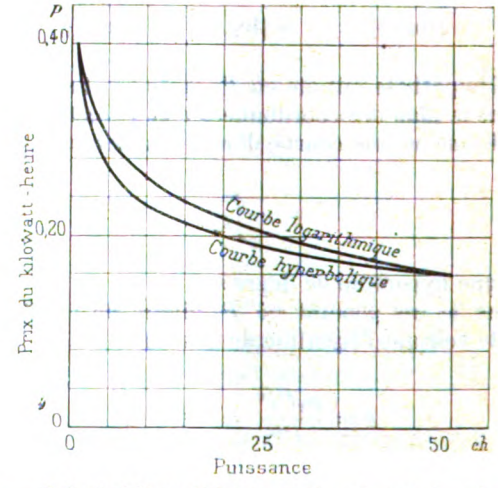


Fig. 6. — Prix du kilowatt-heure en fonction de la puissance. Courbes logarithmique et hyperbolique.

$T = 144$ fr par kilowatt souscrit ;

$N = 2340$ heures par an ; $\alpha = 1$.

Digitized by Google

On a figuré la courbe de tarif $p = \frac{p_1}{P^m}$ établie d'après les mêmes valeurs extrêmes p_1 et p_2.

Etude de la courbe logarithmique de tarif. — Les prix extrêmes p_1 et p_2 étant donnés, la courbe logarithmique (fig. 6)

$$p = p_1 - \frac{\alpha T}{N} \log_e P,$$

est entièrement définie et on ne dispose comme paramètre indépendant que du rapport $\frac{\alpha T}{N}$. L'utilisation annuelle N est fixée par les conditions de travail de l'industrie de la région considérée; comme nous l'avons dit, elle est voisine de 2 000 heures. La condition relative au foisonnement ne sera donc pas remplie dans le cas d'abonnés travaillant plus de 2 000 heures par an, mais ces exceptions sont assez rares et l'avantage résultant de cette utilisation élevée pour le secteur de distribution est assez important pour qu'on ne s'arrête pas à cette objection. Le chiffre de 2 000 heures n'est qu'une moyenne et le tableau ci-dessous montre que la taxe fixe peut varier assez sensiblement lorsqu'on s'écarte relativement peu de cette moyenne correspondant à

$$\alpha = 1, \quad \frac{T}{N} = 0{,}072 \quad \text{et} \quad T_{2\,000} = 144 \text{ fr.}$$

T en francs	N heures
108	1 500
115,20	1 600
122,40	1 700
129,60	1 800
136,80	1 900
144	2 000
151,20	2 100
158,40	2 200
165,60	2 300
172,80	2 400
180	2 500

Lorsque les variations ainsi obtenues seront insuffisantes, il y aura intérêt à changer la limite P_2 de la puissance au delà de laquelle le prix du kilowatt-heure reste constant. D'autre part, en prévision des variations possibles de l'utilisation annuelle normale, on peut d'ailleurs choisir pour N une valeur plus élevée, par exemple 3 000 heures.

Une difficulté se présente lorsqu'un prix intermédiaire p_3 est imposé entre les prix extrêmes p_1 et p_2. Nous supposerons que le point A_3 du plan correspondant au prix p_3 se trouve à l'intérieur de la surface définie par la première condition.

Une solution consiste à tracer séparément les courbes reliant les points A_1 et A_3 d'une part, les points A_3 et A_2 d'autre part (fig. 7). La courbe de tarif résultante présentera une arête de rebroussement en A_3, ce qui est illogique. Il est plus simple de relier

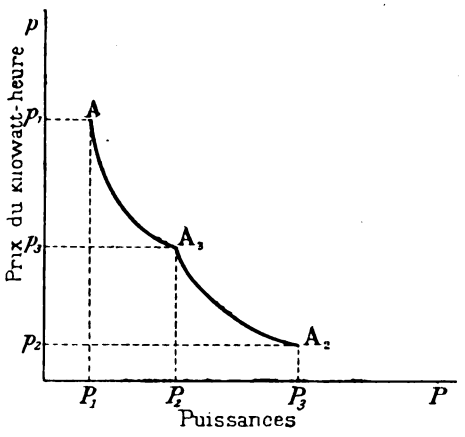


Fig. 7. — Tracé du graphique lorsqu'un point intermédiaire p_3 est imposé entre les prix extrêmes p_1 et p_2. Conservation des deux courbes séparées.

les points A_1 et A_3 par une courbe logarithmique et de raccorder cette courbe à la droite $A_3 A_2$ (fig. 8).

Soit c le coefficient angulaire de cette droite, la relation (2').

$$\frac{dp}{dP} = \frac{\alpha T}{N} \frac{1}{P} = c,$$

appliquée au point A_2, permettra, la taxe fixe T étant connue, de déterminer l'utilisation annuelle N pour

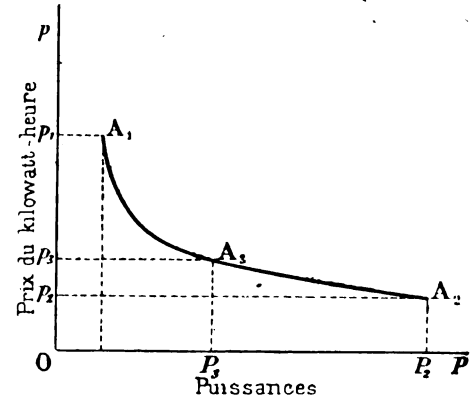


Fig. 8. — Tracé du graphique avec un point intermédiaire imposé. Raccordement de la courbe logarithmique à la droite $A_3 A_2$.

laquelle la condition relative au foisonnement est satisfaite.

Les prix extrêmes p_1 et p_3 donneront le moyen de calculer, par l'équation

$$p = p_1 - \frac{\alpha T}{N} \log_e P,$$

l'utilisation N_1 de la courbe correspondante $A_1 A_3$.

Digitized by Google

La comparaison des utilisations calculées N_1 et N_2 avec les valeurs réelles servira pour discuter l'éventualité d'accepter ou de refuser le tarif intermédiaire p_3.

Règles pratiques pour le tracé de la courbe logarithmique. — Le coefficient α de l'équation ci-dessus est compris entre o et 1, mais en pratique, dans la grande majorité des cas, on choisit la valeur $\alpha = 1$, de façon à obtenir la valeur de l'utilisation annuelle, N, la plus élevée possible.

Nous utiliserons donc l'équation simplifiée

$$p = p_1 - \frac{T}{N} \log_e P,$$

ou, en passant aux logarithmes vulgaires,

$$p = p_1 - \frac{T}{N} 2{,}3 \log P.$$

Le prix p_2 du kilowatt-heure pour la puissance P_2 étant fixé, on en déduit le rapport

$$\frac{T}{N} = \frac{p' - p}{2{,}3 \log P} = \beta,$$

et la relation

$$p = p_1 - \beta \log P,$$

permet de calculer très rapidement les prix correspondant aux différentes puissances intermédiaires entre P_1 et P_2.

La taxe fixe annuelle étant déterminée au préalable, d'après les charges fixes du capital, on calculera l'utilisation moyenne

$$N = 2{,}3 \frac{T}{\beta}.$$

Si un prix intermédiaire p_3 est imposé, on adoptera la solution indiquée précédemment en raccordant la courbe logarithmique à une droite.

Vérification de la condition relative au chevauchement. — La courbe logarithmique (fig. 9) doit se trouver à l'intérieur de la surface délimité par les deux hyperboles

$$pP = p_1 P_1,$$
$$pP = p_2 P_2,$$

que nous désignerons dans ce qui suit, sous les noms d'hyperbole 1 et d'hyperbole 2 et passant respectivement par les points A_1 et A_2.

Pour cela, il faut et il suffit qu'aux points A_1 et A_2 la pente de la courbe soit inférieure aux pentes respectives des hyperboles 1 et 2.

La pente de la courbe est, d'après (2)

$$p' = -\frac{N}{2T} \frac{1}{P},$$

celles des hyperboles

$$p'_1 = -\frac{p_1 P_1}{P^2},$$

$$p'_2 = -\frac{p_2 P_2}{P^2}.$$

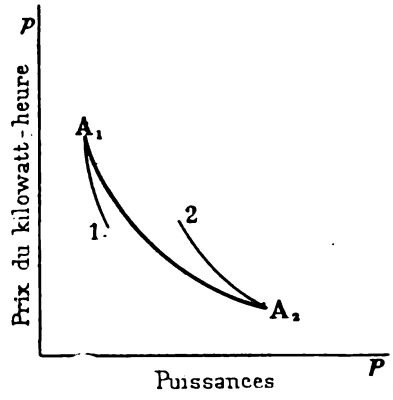


Fig. 9. — Vérification de la condition relative au chevauchement.

Formons les rapports $\frac{p'}{p'_1}$ et $\frac{p'}{p'_2}$; nous avons

$$\frac{p'}{p'_1} = \frac{\alpha T P}{p_1 P_1 N} \quad \text{et} \quad \frac{p'}{p'_2} = \frac{\alpha T P}{p_2 P_2 N};$$

aux points A_1 et A_2 ils prennent respectivement les valeurs

$$\left(\frac{p'}{p'_1}\right)_{A_1} = \frac{\alpha T}{p_1 N} \quad \text{et} \quad \left(\frac{p'}{p'_2}\right)_{A_2} = \frac{\alpha T}{p_2 N}.$$

Pour que la condition I soit remplie il faut donc que l'on ait

$$\frac{T\alpha}{p_1 N} < 1 \quad \text{et} \quad \frac{T\alpha}{p_2 N} < 1,$$

inégalités qui seront toujours vérifiées si on a

$$\frac{T}{N} < \frac{p_2}{\alpha}. \qquad (4)$$

Il faut vérifier, de plus, que la courbe logarithmique ne coupe chacune des hyperboles $pP = p_n P_n$, entre A_1 et A_2, qu'en un seul point. A cet effet, formons la différence des coordonnées des deux courbes

$$y = p_1 - \frac{\alpha T}{N} \log_e P - \frac{p_n P_n}{P}.$$

Le nombre des points d'intersection des deux courbes est donné par l'étude de la dérivée

$$y' = -\frac{\alpha T}{N} \frac{1}{P} + p_n \frac{P_n}{P^2}.$$

Digitized by Google

Cette dérivée s'annule pour la valeur unique

$$P = P_n \times p_n \times \frac{N}{\alpha T};$$

il n'y a donc qu'un seul point d'intersection possible.

ETUDE DE LA COURBE HYPERBOLIQUE $p = p_1 \times P^{-m}$. — Cette courbe satisfait à la condition de chevauchement du fait même de sa construction au moyen des coordonnées logarithmiques. Pour la condition relative au foisonnement il faut que la relation (2')

$$\frac{dp}{dP} < \frac{T}{N} \times \frac{1}{P},$$

soit vérifiée tout le long de la courbe. Or, on a

$$\frac{dp}{dP} = \frac{m p_1}{P^{m+1}},$$

l'inégalité précédente devient

$$\frac{m p_1}{P^{m+1}} \leq \frac{T}{N} \times \frac{1}{P}$$

que nous pouvons écrire

$$\frac{m p_1}{P^m} \leq \frac{T}{N},$$

L'égalité a lieu pour une puissance P_0 au-dessous de laquelle la condition II n'est pas remplie. La portion de la courbe comprise entre les puissances P_1 et P_0 sera donc, en principe, à rejeter, à moins que les puissances P_1 et P_0 étant très voisines l'une de l'autre, on ne considère comme insignifiant le préjudice causé dans cette région de la courbe de tarif.

Ainsi supposons que l'on ait, par exemple $P_1 = 1$ ch; $P_2 = 50$ ch; $p_1 = 0{,}40$ fr; $p_2 = 0{,}16$ fr; $T = 144$ fr par an et par kilowatt; $N = 2\,000$ heures par an.

On en déduit $m = 0{,}234$, d'où $P_0 = 3{,}1$ ch.

La condition II n'est pas remplie pour les puissances souscrites inférieures à 3,1 ch; pour $P_2 = 25$ ch on a $P_0 = 5$ ch et pour $P_2 = 100$ ch on a $P_0 = 1{,}65$ ch.

CONCLUSION. — La courbe logarithmique

$$p = p_1 - \frac{\alpha T}{N} \log_e P,$$

peut donc être utilisée comme courbe de tarif à la condition que l'inégalité

$$\frac{T}{N} < \frac{p}{\alpha}$$

soit vérifiée. Il y a lieu de remarquer que c'est la seule courbe pour laquelle les conditions I et II soient satisfaites rigoureusement entre les valeurs extrêmes p_1 et p_2.

La méthode que nous venons d'exposer permet de déterminer, sur une courbe de tarif, quels sont les points pour lesquels la condition de foisonnement n'est pas remplie.

Soient A un point quelconque de la courbe de tarif

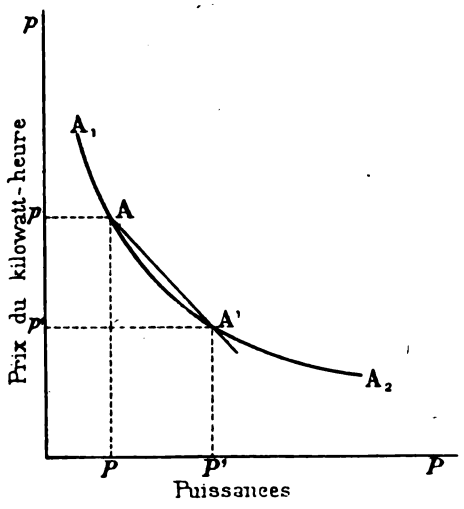


Fig. 10. — Détermination, sur un graphique, des points pour lesquels la condition de foisonnement n'est pas remplie.

(fig. 10); P, la puissance; p, le prix correspondant du kilowatt-heure. Menons la droite A P de pente

$$\frac{T}{N} \times \frac{1}{P}$$

que coupe la courbe de tarif en un point A' correspondant à une puissance $P' > P$ et à un prix de kilowatt-heure p'. La condition (2).

$$\frac{p - p'}{P' - P} = \frac{T}{N} \times \frac{1}{P}$$

étant remplie pour les points A et A', le prix moyen du kilowatt-heure est identique pour les puissances P et P'. Le coefficient de foisonnement est donc

$$c = \frac{P' - P}{P}.$$

On pourra établir un tableau donnant en regard de chaque puissance P la puissance maximum qu'on peut souscrire sans que le prix moyen du kilowatt-heure soit augmenté. S'il n'est pas possible d'adopter la courbe logarithmique, on aura cependant les éléments nécessaires pour rectifier la courbe de tarif de façon à ce que le coefficient de foisonnement ne dépasse pas une limite donnée.

II. **Tarification de l'énergie réactive ou déwattée.** — La tarification de l'énergie déwattée a été admise officiellement par l'administration, dans le

Digitized by Google

cahier des charges-type du 28 juin 1921. On y remarque, en effet, à l'article 11, que le nom de l'unité d'énergie vendue au compteur a été laissé en blanc afin de permettre, comme l'explique la circulaire servant de commentaire au dit cahier des charges, de tenir compte de l'énergie déwattée consommée, soit en introduisant le système d'unités d'énergie complexe, soit en faisant intervenir le facteur de puissance moyen de l'abonné.

Il n'y a pas lieu de revenir ici sur les discussions quelquefois ardentes soulevées par la théorie de tarification de l'énergie déwattée. Nous dirons, avec M. Boucherot, que la perte supplémentaire d'énergie due à la transmission du courant déwatté est principalement fonction de $UI \sin \varphi$. La formule bien connue de M. Brylinski est la traduction directe de cette relation. Dans cette formule, on détermine le nombre d'unités d'énergie complexe Q_0, en ajoutant au nombre de kilowatts-heure consommés, 30 pour 100 des unités enregistrées par le compteur d'énergie réactive. Ce compteur est réglé de telle sorte que le nombre d'unités d'énergie déwattée soit égal au nombre de kilowatts-heure enregistré lorsque le déphasage du circuit supposé équilibré et symétrique est de 45°.

On a donc

$$Q_0 = Q + 0{,}3\ Q',$$

en désignant par Q l'énergie wattée et par Q' l'énergie déwattée.

Il est intéressant d'évaluer, en fonction du facteur de puissance, la majoration du prix du courant qui résulte de l'application de cette formule.

Soit P la puissance wattée moyenne utilisée pendant H heures et φ le déphasage ; on a

$$Q = P.H;$$

$$Q' = \frac{P}{\cos \varphi} \sin \varphi . H = \frac{Q \sin \varphi}{\cos \varphi} = Q \operatorname{tg} \varphi,$$

d'où

$$Q_0 = Q + 0{,}3\ Q \operatorname{tg} \varphi = Q\,(1 + 0{,}3 \operatorname{tg} \varphi).$$

La majoration, exprimée en centièmes, correspond donc à $30 \times \operatorname{tg} \varphi$; le tableau suivant et la courbe de la figure 11 donnent ces majorations en fonction de $\cos \varphi$.

MAJORATIONS en centièmes	cos φ
298	0,1
147	0,2
95,3	0,3
68,5	0,4
52	0,5
40	0,6
30,6	0,7
22,5	0,8
14,5	0,9
0	1,0

Ce système de tarification soulève les objections suivantes.

1° La majoration est élevée ; pour $\cos \varphi = 0{,}707$, chiffre bien souvent supérieur aux valeurs relevées chez les abonnés pour la force motrice, la majoration

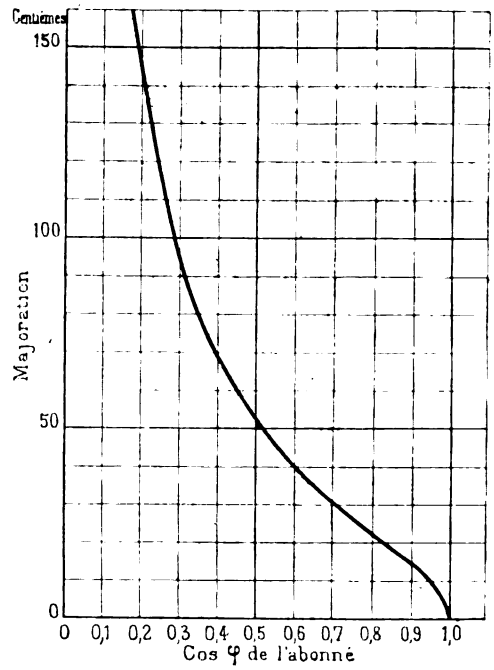


Fig. 11. — Majoration des prix, en fonction du facteur de puissance, par application de la formule Brylinski.

est de 30 pour 100. Ceci explique les nombreuses difficultés qui se sont élevées entre les autorités concédantes, les concessionnaires et les abonnés au sujet de l'adoption de cette formule.

2° L'emploi de la formule Brylinski suppose implicitement l'installation de compteurs d'énergie déwattée chez tous les abonnés. En effet, les tendances actuelles de la jurisprudence sont de considérer les prix du cahier des charges comme un tarif à imposer à tous les abonnés et non pas une limite maximum des prix de vente. Dès lors, une société de distribution ne pourrait, sans de graves inconvénients, faire l'application d'un tarif d'énergie déwattée à une seule partie de sa clientèle, étant donné que tous les abonnés consomment, en même temps que l'énergie wattée, une certaine proportion d'énergie déwattée.

Tarification à titre fixe. — Revenons à l'étude de la tarification de l'énergie déwattée examinée dans le cas un peu spécial des tarifs à taxe fixe comportant une redevance distincte pour la location de la puissance souscrite et une redevance proportionnelle au nombre de kilowatts-heure consommés. La dépense de courant est, d'après ce tarif

$$D = P \times T + p\,Q, \qquad (5)$$

où P est la puissance souscrite ; T, la taxe fixe par kilowatt ; Q, le nombre de kilowatts-heures consommés et p, le prix du kilowatt-heure.

Digitized by Google

La taxe fixe est établie par kilovolt-ampère ou par kilowatt supposé distribué sous un certain facteur de puissance $\cos\varphi_1$; donc, en fait, la taxe fixe est déterminée par le nombre de kilovolts-ampères de puissance apparente souscrite par l'abonné. Il en résulte que si l'abonné utilise une puissance wattée P avec un facteur de puissance $\cos\varphi$ inférieur à $\cos\varphi_1$, il emprunte au réseau une puissance apparente $\frac{P}{\cos\varphi}$ supérieure à la puissance $\frac{P}{\cos\varphi_1}$ à laquelle il a droit; sa taxe fixe devrait donc être majorée dans le rapport $\frac{\cos\varphi_1}{\cos\varphi}$. Si $\cos\varphi > \cos\varphi_1$, la puissance apparente utilisée par l'abonné est inférieure à la puissance souscrite, mais il n'y a pas lieu d'accorder une bonification correspondante car le secteur reste dans l'obligation de maintenir à la disposition de l'abonné la puissance $\frac{P}{\cos\varphi_1}$.

En ce qui concerne le prix du kilowatt-heure, on peut admettre que le prix de vente de l'énergie a été établi d'après les dépenses engagées pour la production de l'énergie wattée et par la fourniture de la quantité d'énergie déwattée nécessaire pour que la distribution se fasse avec un facteur de puissance moyen $\cos\varphi_1$. Dans ce système, il suffit alors de facturer seulement les consommations supplémentaires d'énergie déwattée ou, en d'autres termes, le dépassement en énergie déwattée.

Une simplification intéressante s'introduit si l'on choisit comme facteur de puissance moyen la valeur 0,707 correspondant à $\varphi = 45°$, car les consommations d'énergie active et d'énergie réactive sont alors égales entre elles : $Q = Q'$.

Pour les abonnés dont le cosinus moyen est inférieur à 0,707, la solution la plus simple est de facturer une certaine fraction de la différence $Q' - Q$ entre l'énergie déwattée consommée et l'énergie à laquelle l'abonné a droit.

La redevance proportionnelle à la consommation est alors représentée par la formule

$$D_1 = pQ + \frac{px}{100}(Q' - Q)$$

$$= p\left[Q + \frac{x}{100}(Q' - Q)\right], \qquad (6)$$

dans laquelle x est un facteur constant et où $Q + \frac{x}{100}(Q' - Q)$ désigne le nombre d'unités d'énergie complexe.

Calcul de la majoration. — La relation

$$Q' = Q \operatorname{tg}\varphi,$$

permet d'écrire la formule (6) sous la forme

$$D_1 = Q\left[p + \frac{px \operatorname{tg}\varphi}{100} - \frac{px}{100}\right]$$

$$= \frac{pQ}{100}\left[100 + x(\operatorname{tg}\varphi - 1)\right]. \qquad (7)$$

Le tableau suivant et la courbe représentée par la figure 12 indiquent les majorations pour $\frac{x}{100} = 50$. Nulle pour $\cos\varphi = 0{,}707$, la majoration croit lentement lorsque $\cos\varphi$ diminue, puis augmente rapidement pour atteindre la majoration Brylinski pour $\cos\varphi = 0{,}4$ environ et la dépasser au delà de cette valeur. Le coefficient x peut d'ailleurs être déterminé en se fixant le $\cos\varphi$ pour lequel on désire être en concordance avec la majoration résultant de la formule Brylinski.

MAJORATIONS en centièmes	cos φ
446	0,1
195	0,2
109,0	0,3
64,0	0,4
36,5	0,5
16,5	0,6
0	0,707

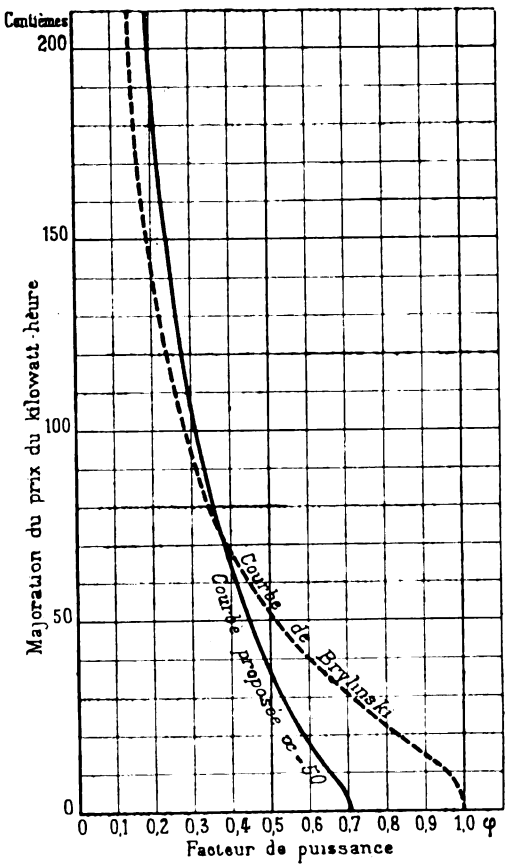


Fig. 12. — Graphique de la majoration des prix en fonction du facteur de puissance par application de la formule proposée par l'auteur.

Formule générale de tarification de l'énergie réactive. — L'application de la tarification de l'énergie réactive

Digitized by Google

à la taxe fixe et à la consommation conduit ainsi à la formule générale

$$D = P.T\frac{0{,}707}{\cos\varphi} + p\left[Q + \frac{x}{100}(Q' - Q)\right]. \quad (8)$$

qui tient compte des différents éléments du problème (facteur de puissance moyen de l'abonné et nombre d'heures d'utilisation de l'énergie avec ce facteur de puissance). Cette relation est susceptible d'être simplifiée lorsqu'il s'agit d'abonnés de puissance moyenne afin de ne pas compliquer outre mesure l'établissement des factures mensuelles. Les données fournies aux services comptables sont, en effet, les consommations d'énergie wattée Q et d'énergie déwattée Q', il paraît donc préférable d'éviter le calcul de tg φ et de cos φ en adoptant la formule modifiée

$$D = P.T + p\left[Q + \frac{x}{100}(Q' - Q)\right],$$

en se réservant de donner à x une valeur un peu plus élevée que celle qui conviendrait dans la formule générale (8); la valeur $x = 50$ donne en pratique d'assez bons résultats.

L'emploi de la formule complète sera réservée aux contrats spéciaux, tels que ceux qui sont faits avec les abonnés ayant souscrit des puissances élevées, les sous-distributeurs, ainsi que pour les tarifs de péage sur des lignes de transmission d'énergie en commun.

Dans ce cas, les factures étant alors établies par des services techniques, les inconvénients signalés plus haut disparaissent.

Conclusion. — La tarification de l'énergie réactive est difficilement admise par l'abonné qui la considère, en général, comme une majoration déguisée. La formule proposée pour la définition des unités d'énergie complexe

$$Q_0 = Q + \frac{x}{100}(Q' - Q),$$

présente l'avantage de ne s'appliquer qu'à une minorité d'abonnés, ne nécessite pas l'installation d'un nombre considérable de compteurs spéciaux et l'immobilisation d'un capital élevé. Elle donne au secteur de distribution un moyen d'action vis-à-vis des abonnés qui, par leur mauvais facteur de puissance, nuisent à la régularité de la distribution par suite des variations importantes de tension qu'ils produisent sur le réseau, augmentent les pertes en ligne et peuvent même occasionner des accidents aux transformateurs.

Cette formule reste applicable au cas où la tarification de l'énergie déwattée s'étendrait indistinctement à tous les abonnés. Il conviendrait alors d'accorder une bonification lorsque le facteur de puissance serait supérieur à 0,707, par exemple; il suffirait pour cela, de considérer la différence $Q' - Q$ comme une quantité algébrique susceptible d'être positive ou négative suivant que la valeur du cos φ moyen de l'abonné serait inférieur ou supérieur à 0,707, c'est-à-dire φ inférieur ou supérieur à 45°.

A. Fontvieille.

Les nouvelles règles allemandes d'unification concernant les machines et transformateurs

L'auteur fait ressortir les différences essentielles qui existent entre les règlements français et les derniers règlements allemands, tels qu'ils viennent d'être ratifiés à la réunion de mai du Verband deutscher Elektrotechniker, à Munich. Rappelons que les règlements français sont publiés dans une brochure éditée par le Comité électrotechnique français et sont reproduits dans diverses publications, notamment dans les Annuaires 1922 de l'Union des Syndicats de l'Electricité, p. 287 et du Syndicat professionnel des Industries électriques, p. 336.

Dans la réunion annuelle, à Munich, du 28 au 30 mai 1922, le Verband Deutscher Elektrotechniker (V. D. E.), a adopté deux nouveaux règlements pour la réception des machines rotatives et des transformateurs. Ces règlements (1) sont très différents du règlement actuellement en vigueur; on y a introduit ce qu'il y a de mieux dans les règlements actuellement en vigueur dans les divers pays et, en outre, quelques nouvelles prescriptions assez importantes qui seront appliqués à tout le matériel électrique dont la fabrication aura été commencée après le 1er janvier 1923. Leur examen ici paraît intéressant à plusieurs points de vue.

Il est connu que le règlement allemand, édition 1914, ne présentait pas les mêmes garanties que le règlement français, édition 1919 (1), particulièrement en ce qui concerne la méthode de mesure de l'échauffement pour certaines catégories d'enroulements et les

(1) Les règlements publiés dans *E. T. Z.*, du 11 mai 1922, p. 657-674, ont été adoptés à Munich avec quelques légères modifications.

(1) Ce règlement n'est d'ailleurs pas encore appliqué au matériel normal qui est toujours régi par le règlement de l'Union des Syndicats de l'Electricité, édition 1913.

Digitized by Google

limites d'échauffement prescrites pour certains isolants comme le papier, l'émail, l'huile, etc.

Les nouveaux règlements prescrivent que l'échauffement moyen doit être mesuré par l'augmentation de la résistance et que les échauffements locaux sont déterminés par le thermomètre placé à l'endroit accessible le plus chaud, la valeur maximum mesurée par une des deux méthodes ne devant pas dépasser les chiffres spécifiés dans les règlements. A ce sujet, il y a donc maintenant accord parfait des deux règlements, français et allemands, mais les prescriptions pour les limites d'échauffement sont toujours très différentes.

Pour les enroulements à courant alternatif logés dans des rainures et isolés au coton imprégné (moteurs asynchrones et induits d'alternateurs, etc.), la limite prescrite est de *5°C inférieure* à celle du règlement français. Il y a ambiguïté dans le règlement allemand en ce qui concerne l'application de cette même limite aux induits des machines à courant continu dont l'enroulement logé dans des rainures est parcouru par des courants alternatifs.

Pour tous les autres enroulements isolés au coton et non immergés dans de l'huile, et même pour ceux de la catégorie précédente lorsqu'ils sont compoundés (1), la limite d'échauffement admise est de 60°C. Pour les enroulements de champ et les enroulements des transformateurs à sec, par exemple, la limite admise est donc de *5°C supérieure* à celle indiquée dans le règlement français. Il en est de même pour tous les enroulements isolés au mica, à l'amiante, etc., la limite prescrite est de *5°C supérieure*.

La différence est encore plus grande pour les enroulements avec fil émail et pour ceux immergés dans de l'huile, dont la limite est 70°C au lieu de 55°C dans le règlement français, ainsi que pour l'huile elle-même dont la limite d'échauffement admise est de 60°C au lieu de 50°C (2).

(1) D'après les règlements allemands, une bobine est compoundée lorsque tous les espaces entre les conducteurs sont remplis de masse isolante, de telle sorte qu'une section pleine sans espaces d'air soit assurée.

(2) Les règles complémentaires établies par la Chambre syndicale des Constructeurs de Gros Matériel électrique admettent, pour les transformateurs à huile et refroidissement par eau, des échauffements de 5°C supérieurs aux limites admises pour les transformateurs à huile et refroidissement naturel. Le règlement allemand ne fait pas d'exception pour ce genre d'appareils, en expliquant qu'il faut garder la marge que le refroidissement par l'eau présente à l'essai pour tenir compte du fait que les systèmes de refroidissement deviennent moins efficaces en marche par les dépôts de l'huile et de l'eau.

Le règlement allemand n'a pas défini la qualité de l'émail et il nous paraît bien imprudent, au moins jusqu'à ce que les conditions à remplir par cet isolant soient bien définies, d'admettre des chiffres aussi élevés que ceux prescrits par les Allemands. Pour l'huile, ainsi que pour les enroulements qui y sont immergés, les chiffres admis ne paraissent pas exagérés lorsqu'on tient compte de la température de l'air ambiant de base de 35°C, admise dans les règlements allemands, et des précautions spéciales que la majorité des constructeurs prennent aujord'hui pour empêcher l'oxydation prématurée de l'huile par chambres d'expansion, etc.

Comme dans le règlement français de 1919, les règlements allemands prescrivent que l'essai d'échauffement doit être prolongé jusqu'à ce qu'il soit manifeste que les échauffements et les températures limites ne seront pas dépassés. Mais, alors que le règlement français admet que l'état stationnaire est atteint quand l'échauffement n'augmente plus d'une quantité supérieure à 1°C par heure, ce qui est loin de la vérité pour les gros transformateurs à huile, le règlement allemand introduit un moyen d'extrapoler la température finale. Lorsque l'échauffement n'augmente que de 2°C par heure, l'essai peut être interrompu si on a pris soin d'établir, pendant l'essai, une courbe des échauffements par rapport au temps, $\theta = f(t)$, c'est-à-dire si on a déterminé les températures après chaque intervalle de temps Δt.

On trace ensuite (fig. 1) la courbe de $\Delta\theta$ par rapport à θ et on la prolonge jusqu'à l'axe des θ; l'inter-

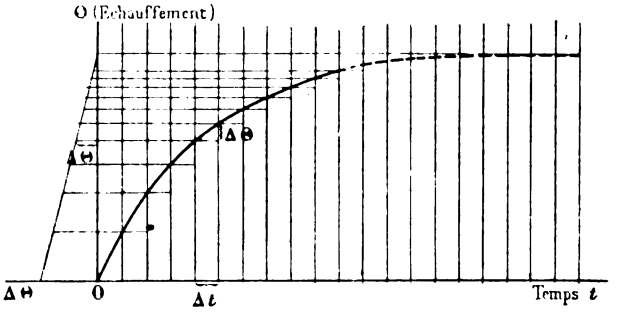


Fig. 1. — Courbe des échauffements en fonction du temps, donnant la température limite atteinte par une machine.

section avec cet axe indique la limite d'échauffement qui aurait été atteinte si l'essai avait été prolongé jusqu'à l'état stationnaire.

Le plus grand progrès réalisé par rapport aux règlements en vigueur est celui relatif à l'épreuve de rigidité diélectrique des isolants. Cette épreuve a lieu chez le fournisseur et comprend trois essais :

1° L'essai diélectrique classique : une tension alternative élevée est appliquée pendant une minute aux divers circuits par rapport à la terre ;

2° Un essai à l'onde de tension à front raide (Sprungwellenprobe) ;

3° Un essai de surtension réduite pour déceler les défauts éventuels occasionnés par l'essai précédent.

A l'essai diélectrique classique, la tension doit être appliquée à chaud pour les machines et à chaud ou à froid pour les transformateurs. Quand la tension est appliquée à froid à un transformateur à sec, elle doit être de 15 pour 100 supérieure à la valeur prescrite pour l'essai à chaud. Les tensions prescrites sont, U étant la tension de service indiquée sur la plaque,

a) pour les machines :

Pour les puissances jusqu'à 500 w, $3\,U$, avec un minimum égal à $2\,U + 500$ v (1).

(1) Le minimum est la tension prescrite dans la proposition pour le règlement international.

Digitized by Google

Au dessus de 500 V :
U jusqu'à 5000 V, $3\,U$ et au moins $2\,U + 1000$ V (1),
U au-dessus de 5000 V, $2\,U + 5000$ V.
b) pour les transformateurs :
U jusqu'à 10000 V, $3{,}25\,U$ et au moins 2500 V (1);
U au-dessus de 10000 V, $1{,}75\,U + 15000$ V.

Ces valeurs sont, pour les tensions de service les plus usuelles, bien supérieures aux tensions d'épreuve proposées pour le règlement international. En général, elles sont inspirées par les prescriptions du règlement suédois qui, le premier, a reconnu l'insuffisance du formule, $2\,U + 1000$ V, pour les tensions moyennes de service.

Nous trouvons, par exemple, comme valeurs des tensions d'épreuves prescrites dans les divers règlements les valeurs suivantes :

TABLEAU I.

	TENSIONS DE SERVICE EN VOLTS			
	2 000	5 000	12 000	30 000
	TENSIONS D'ÉPREUVE EN VOLTS			
Machines :				
Règlement français 1919.	5 000	11 000	25 000	
Règlement suédois 1920..	6 000	13 000	29 000	
Règlement allemand 1923.	6 000	15 000	29 000	
Transformateurs :				
Règlement français 1919..	5 000	11 000	25 000	61 000
Règlement suédois 1920..	11 000	20 000	34 000	70 000
Règlement allemand 1923.	6 500	17 500	36 000	67 500

D'autre part, les isolateurs d'entrée complètement assemblés doivent être essayés aux tensions suivantes :
U jusqu'à 3000 V, $8\,U + 2000$ V;
U au-dessus de 3000 V, $2\,U + 20000$ V.

Ces essais aussi ont été inspirés par le règlement suédois; les valeurs des tensions prescrites sont à peu près celles indiquées dans ce règlement pour les bornes des transformateurs d'extérieur, mais en Suède, l'épreuve doit être fait sous pluie; pour les transformateurs ordinaires, les valeurs prescrites par le règlement suédois sont beaucoup plus sévères.

Le règlement allemand est, à notre connaissance, le premier qui prescrive une épreuve de l'isolement entre spires, en adoptant une méthode qui s'approche des conditions d'exploitation. Le montage pour cette épreuve est indiqué dans les figures 2 à 6.

La machine ou le transformateur est amené au moins à sa fréquence normale et connecté par l'intermédiaire d'un éclateur à boules à un condensateur dont la capacité est indiquée dans le tableau II. Les boules doivent être pleines, d'un diamètre de 50 à 62,5 mm pour les machines et de 62,5 mm pour les transformateurs, jusqu'à 60000 V.

La distance entre les boules doit être réglée pour $1{,}3\,U$ pour les machines et pour $1{,}5\,U$ pour les transformateurs. L'amorçage se fera par rapprochement momentané des boules, par augmentation de la tension de l'enroulement par shuntage au moyen d'un fil fusible, etc. Les arcs doivent être maintenus pendant dix secondes.

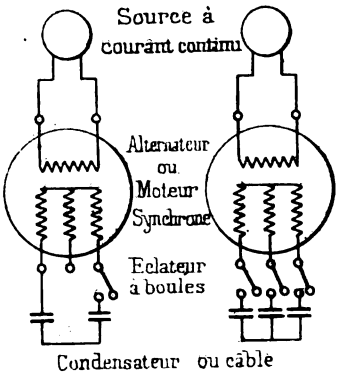


Fig. 2 et 3. — Pour alternateurs et moteurs synchrones.

TABLEAU II.

TENSION U	CAPACITÉ	
	VALEUR MINIMUM PAR PHASE	GENRE
	en μF	
Jusqu'à 6 000 V.....	0,05	Câble ou condensateur.
De 6 000 à 15 000 V..	0,02	id id
De 15 000 à 35 000 V..	0,01	id id
De 35 000 à 60 000 V..	0,005	Condensateur.

Pour les transformateurs, une ligne aérienne de 50 m de longueur doit être connectée entre le transformateur et la capacité.

Les arcs qui se produisent entre les boules laissent pénétrer, dans le bobinage soumis à l'épreuve, des ondes de tension à front raide.

Pour déceler les dégâts éventuels occasionnés à la machine ou au transformateur pendant cette épreuve, il est fait un troisième essai diélectrique à tension réduite. Les machines ou transformateurs marchent à vide pendant cet essai et la tension d'épreuve peut être obtenue par une augmentation de la fréquence. Pour les machines, la durée de l'épreuve est de trois minutes et la tension appliquée est de $1{,}3\,U$, sauf pour les enroulements polyphasés sans connexions démontables entre les différentes branches de l'enroulement; pour ceux-ci, la tension d'épreuve est de $1{,}5\,U$.

Pour les transformateurs jusqu'à 1000 kv A, la tension prescrite est de $2\,U$; pour les puissances plus

(1) Le minimum est aussi la tension prescrite dans la proposition pour le règlement international.

Digitized by Google

grandes elle est de $2U$ si possible, mais au moins $1{,}3\,U$ et la durée d'application est de cinq minutes. Pendant l'essai, il ne devra pas avoir claquage, amorçage ou effluves sur l'enroulement.

Avant et après les trois essais, on mesurera la résistance des enroulements; des modifications de la valeur

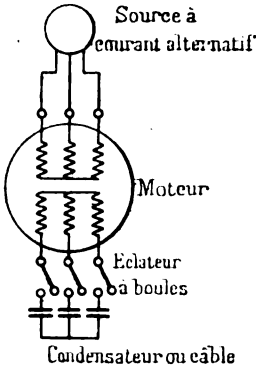


Fig. 4. — Pour moteurs asynchrones.

de la résistance indiquent qu'il y a des défauts d'isolement.

Une autre nouveauté du règlement allemand à signaler est l'absence des anciennes prescriptions ambiguës de surcharge « sans échauffement dangereux » et leur substitution par des prescriptions plus claires sur les couples maxima exigés.

Le règlement fixe le couple de décrochage des moteurs pour les régimes continus ou à temps défini à au moins 1,6 fois le couple normal et pour un régime intermittent, à au moins deux fois le couple normal.

D'autre part, les machines synchrones doivent subir une épreuve de résistance à un court-circuit momentané, où l'intensité maximum pourra atteindre quinze fois la valeur de crête de l'onde normale de l'intensité.

Les transformateurs doivent subir un court-circuit franc aux bornes secondaires, l'enroulement primaire étant alimenté par une source suffisamment grande pour que la tension primaire ne baisse pas. Cet essai ne peut généralement pas être fait dans l'usine du fournisseur, mais peut être fait sur place.

Les règlements sont complétés par des prescriptions très détaillées sur l'essai des régulateurs d'induction.

Les tolérances pour erreurs de mesure sont les suivantes :

Pour le rendement η : $\frac{1-\eta}{10}$, ou en nombre rond $\frac{1}{1\,000}$, mais au plus $\frac{1}{100}$;

Pour le facteur de puissance : $\frac{1-\cos\varphi}{6}$, ou en nombre rond $\frac{1}{100}$, mais au plus $\frac{2}{100}$;

Pour la valeur instantanée du courant de court-circuit : $\pm$ 20 pour 100 de la valeur nominale;

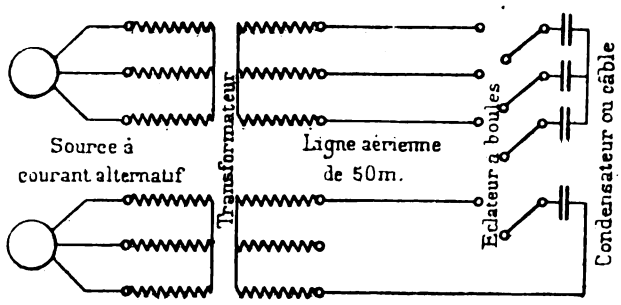


Fig. 5 et 6. — Pour transformateurs.

Pour la valeur de régime du courant de court-circuit : $\pm$ 15 pour 100 de la valeur nominale;

Pour le couple de décrochage : $\pm$ 15 pour 100 de la valeur nominale.

En général, les nouveaux règlements sont, à part quelques prescriptions pour l'échauffement indiquées plus haut, en avance sur le règlement français, édition 1919, qui doit entrer en vigueur simultanément. Aucune comparaison ne peut être faite avec le règlement de l'Union des Syndicats de l'Electricité, édition 1913, actuellement en vigueur, à cause de l'équivoque de ce règlement au sujet de la température limite prescrite, causée par la limitation de la durée de l'essai, le choix libre des méthodes de mesures et les tolérances sur les chiffres prescrits pour les échauffements.

A. Hausson.

Revues, analyses et informations

Etat actuel de la question des moteurs à huile lourde (1).

Cet article signale le développement de l'emploi de ces moteurs dans les différents pays, surtout pour la marine. Les pays scandinaves, l'Italie, la Hollande en font usage depuis longtemps; l'Allemagne reconstitue sa flotte principalement avec des bateaux à moteur Diesel; les Etats-Unis expérimentent des navires du même genre et doivent mettre en construction 200 000 t de bateaux munis de moteurs Diesel pour le transport de minerais sur les grands lacs; en Amérique du Sud, le développement est important par suite des difficultés d'approvisionnement en charbon. Enfin, l'Angleterre,

(1) M. Bochet, *bulletin de la Société des Ingénieurs civils de France*, janvier-mars 1922, t. LXXV, p. 86-105, 6 800 mots, 3 fig.

Digitized by Google

qui est pourtant très riche en charbon, s'est intéressée très vivement à la question des moteurs à combustion interne, surtout après avoir constaté les résultats extraordinaires obtenus par les Allemands pendant la guerre: elle a ainsi lancé, en 1921, 70 gros cargos représentant une puissance totale de 250 000 ch et, d'autre part, un grand nombre de ces moteurs est exporté et utilisé dans les colonies britanniques.

Ces résultats sont dus, non seulement à la faible consommation de ces moteurs, mais encore à la diminution de main d'œuvre qu'ils provoquent, source de réduction considérable des dépenses, surtout à bord des bateaux. De plus, l'encombrement réduit de ces moteurs permet de prendre une plus grande quantité de marchandises et la faible consommation permet un champ d'action plus étendu qu'avec le charbon.

En France, il y a un retard très sensible par rapport aux autres pays qui est dû aux droits prohibitifs d'avant-guerre sur les huiles combustibles et au manque de confiance de la clientèle à la suite de quelques accidents survenus dans des sous-marins; pendant la guerre, les usines ont fait à peu près exclusivement des munitions et du matériel de guerre et elles se trouvent, maintenant, insuffisamment organisées pour la construction de ces moteurs. Par suite de demandes importantes, quelques maisons se sont cependant mises à cette fabrication et l'on compte, à l'heure actuelle, chez nous, plus de 120 000 ch installés de moteurs à combustion interne.

L'auteur donne, dans la deuxième partie de son mémoire, quelques indications au sujet des différents types de moteurs Diesel et semi-Diesel actuellement sur le marché. Il indique d'abord les avantages respectifs des moteurs à quatre temps et de ceux à deux temps et paraît partisan du moteur à deux temps surtout pour les grosses puissances. Pour ces dernières, de grosses difficultés sont à vaincre au double point de vue métallurgique et mécanique; on cite pourtant une machine de 12 000 ch mise en essais en Allemagne et comportant 6 cylindres à deux temps et à double effet. Une amélioration importante a été réalisée par M. Still, par son moteur de conception tout à fait spéciale. Le fonctionnement est double : sur la face supérieure du piston, on utilise un cycle à combustion et, sur la face inférieure, un cycle à vapeur; cette dernière étant obtenue en utilisant la chaleur perdue par la paroi du cylindre et les gaz d'échappement.

Au point de vue de la manière dont l'injection de l'huile doit être faite dans le cylindre, question très discutée par les constructeurs, la société Vickers a, pendant la guerre, beaucoup développé l'injection mécanique qui permet de supprimer le compresseur, machine délicate, encombrante et absorbant jusqu'à 10 pour 100 de la puissance utile du moteur. D'autres maisons ont, au contraire, cherché à perfectionner ce compresseur. Au sujet du refroidissement des cylindres, indispensable au-dessus de 100 ch, l'huile et l'eau sont employées et ont chacune leurs partisans. Enfin, dans la construction, les pistons à fourreau sont encore utilisés pour les machines rapides ainsi que pour les moteurs à puissance modérée; pour les grosses machines, la disposition à tête a crosse s'impose de plus en plus.

Les moteurs semi-Diesel se perfectionnent également. Les valeurs de compression d'air ont été beaucoup augmentées et atteignent couramment 20 kg : cm² pour les moteurs à quatre temps; pour les moteurs à deux temps elles sont moindres et dépassent rarement 12 à 15 kg : cm².

Le fait d'envoyer le combustible directement dans le moteur rend le fonctionnement beaucoup plus facile; l'huile lancée sur la paroi chaude sous forme d'un fin brouillard s'allume au moment où, à fin de compression l'air a complètement pénétré dans la culasse. Afin d'obtenir dans ces conditions un bon réglage à toutes les charges on utilise un certain nombre de dispositifs différents : on peut régulariser la température en injectant une certaine quantité d'eau, modifier la forme ou la direction du jet de combustible ou l'angle d'avance à l'injection; on peut enfin, au moyen d'un pavillon, créer une perte de charge sur la conduite d'air de balayage.

D'autre part, quelques maisons ont obtenu une meilleure pulvérisation en produisant une petite explosion préalable dans une chambre séparée, l'action de cette explosion remplace alors celle du compresseur et celui-ci peut être supprimé.

Il résulte de cette étude que le moteur Diesel à injection d'air est toujours le plus parfait de tous, mais que de nombreux inventeurs se sont efforcés de faire des machines plus simples ayant un bon rendement thermique; ils ont été ainsi amenés à adopter l'injection mécanique, des compressions de plus en plus élevées et même des dispositifs séparés destinés à obtenir un meilleur remplissage du cylindre. Les différents types tendent vers un type unique à pression moyenne élevée. La sûreté de leur fonctionnement est maintenant assurée et leur avenir sur terre semble devoir être considérable à moins que la turbine à gaz, suffisamment perfectionnée, ne devienne réellement avantageuse. — B. E.

Essais d'isolateurs de ligne sous 280000 v (1).

La ligne de transmission d'énergie de Big Creek fonctionnant actuellement sous 150 000 v doit être prochainement exploitée à 220 000 v. Pour réduire les dépenses au minimum, on a tenté d'utiliser les pylônes actuels et les mêmes éléments d'isolateurs, le nombre de ces éléments, par isolateur, étant porté de 9 à 12; des anneaux de garde leur furent ajoutés à titre de précaution supplémentaire; la forme et la dimension de ces anneaux a été déterminée à la suite d'une série d'essais de laboratoire; la matière utilisée a primitivement été la fonte de fer, mais la préférence a été donnée à l'aluminium fondu ou embouti. La ligne d'expérience avait une longueur de 44 km environ et comptait 291 chaînes d'isolateurs dont 249 avec 11 éléments et le reste avec 13 éléments. Les conducteurs utilisés étaient des câbles de 25 mm environ de diamètre disposés sur un plan horizontal et écartés de 5 m environ, la hauteur au dessus du sol étant égale à 11 m au point de suspension. Sous 241 000 v les courants de charge atteignaient 17,8 A, valeur plus grande de 7 pour 100 que celle calculée; sous 278 000 à 284 000 v, la perte en ligne variait de 400 à 1 200 kw, cette perte étant plus grande par temps de brouillard que par temps de pluie. Sous 241 000 v, la perte par corona était faible et atteignait au maximum 2,43 kw ou en moyenne 1,8 kw par kilomètre et par fil; sous 220 000 v, la perte était négligeable, mais sous 280 000 v, la perte par corona était grande et la ligne faisait entendre un bruit caractéristique et l'effet corona était très visible, mais les isolateurs n'ont été le siège d'aucun phénomène visible; sous 220 000 v, le fonctionnement est en tout semblable à la marche sous 150 000 v et depuis la mise en service, il ne s'est produit aucun défaut d'isolateur. — E. B.

(1) J.-C. Wood, *Electrical Review*, 9 juin 1922, t. XC, p. 823 1 2/3 mots.

Digitized by Google

SECTION ÉCONOMIQUE & FINANCIÈRE

Les Services français d'Expansion commerciale

Sous ce titre le Ministère du Commerce et de l'Industrie vient de publier une petite brochure de 24 pages où sont exposés le but et l'organisation des services français d'expansion commerciale et où sont indiqués les noms et adresses de nos agents résidant à l'étranger et spécialement chargés de rassembler sur place tous renseignements utiles au développement de notre commerce extérieur. Bien que beaucoup de nos lecteurs connaissent déjà les Services français d'Expansion économique et les aient utilisés, il nous paraît utile de rappeler, à l'occasion de la publication de la brochure, en quoi ils consistent.

Organisation des services. — Les Services français d'Expansion commerciale ont été organisés et sont dirigés par le ministre du Commerce et de l'Industrie, 101, rue de Grenelle (direction du personnel, de l'expansion commerciale et du crédit, sous-direction de l'expansion commerciale).

Ils comprennent :

1° *En France :* L'Office national du Commerce extérieur et ses agences régionales, la Banque nationale du Commerce extérieur ;

2° *A l'étranger :* les attachés commerciaux et les agents commerciaux, les offices commerciaux français à l'étranger, les chambres de commerce françaises à l'étranger.

Les renseignements recueillis sur place par les services de l'étranger sont centralisés à l'Office national du Commerce extérieur ; cet Office se trouve donc être, la plupart du temps, en mesure de fournir immédiatement le renseignement demandé ; toutefois les exportateurs peuvent s'adresser directement aux services étrangers. Ces renseignements portent sur : *a*) les débouchés possibles ; *b*) les conditions de vente, de livraison, de placement ; *c*) les maisons importatrices à l'étranger ; *d*) les tarifs et règlements douaniers ; *e*) les conditions de transport.

Les Services français d'Expansion commerciale sont aussi utilisés pour : *a*) surveiller le règlement des litiges ; *b*) être informé des adjudications ; *c*) obtenir des agents et des représentants qualifiés ; *d*) préparer un voyage d'affaires à l'étranger ; *e*) organiser des « présentations » ; *f*) participer aux foires et expositions internationales.

Office national du Commerce extérieur. — L'Office national du Commerce extérieur, 22-24, avenue Victor-Emmanuel-III, Paris téléphone : (Elysées 66-20), est à la fois un organe de *centralisation* et un organe de *diffusion*.

Pour son œuvre de *centralisation*, l'Office reçoit les renseignements de tous les organismes commerciaux français à l'étranger.

Cette documentation est répartie et étudiée à la fois, dans des sections géographiques correspondant à des zones commerciales et dans des sections chargées de centraliser pour certaines questions déterminées, telles que « Transports » et « Tarifs douaniers » les renseignements émanant de tous les pays.

Dans chaque section est constituée une documentation par article.

Un commerçant à la recherche d'un renseignement pourra donc être documenté immédiatement sur les possibilités et les conditions d'exportation d'une marchandise déterminée, soit sur un pays particulier soit sur les divers pays du monde.

La diffusion des renseignements ainsi recueillis est assurée actuellement par les « Dossiers commerciaux » publication pratique, imprimée à l'Office même, qui est envoyée à plus de 2 500 exportateurs.

L'action de l'Office rayonne dans la France entière par l'intermédiaire de ses agences régionales.

Agences régionales. — Les agences régionales de l'Office national du Commerce extérieur ont été constituées auprès des différentes régions économiques, avec l'aide du Comité national des Conseillers du Commerce extérieur (1).

Elles ont une double mission :

1° Rechercher, par des consultations auprès des commerçants et industriels de la région, quelles sont les possibilités de production et d'exportation de la région.

2° Transmettre aux commerçants et industriels de la région les renseignements recueillis à l'étranger.

Banque nationale du Commerce extérieur. — La Banque nationale du Commerce extérieur, 33, rue de La Boétie, Paris téléphone : (Elysées 59-77), dont les statuts ont été approuvés par la loi du 23 octobre 1919, fonctionne sous le contrôle du Gouvernement et a pour objet de faire bénéficier le commerce d'exportation de nouvelles facilités bancaires.

(1) Il existe actuellement des agences régionales à Bordeaux, Nancy, Lyon, Marseille, Toulouse, Lille, Montpellier, Alger, Dijon, Clermont-Ferrand et Limoges.

Digitized by Google

Spécialisée dans toutes les opérations relatives au commerce extérieur, la Banque entend également développer les relations bancaires de la France à l'étranger par des ententes, des participations et par la création d'agences dans les pays non encore desservis par la banque française.

La Banque a des représentants à Lyon, Marseille, Le Havre, Bordeaux, Lille, Mazamet, et des correspondants dans le monde entier.

Attachés commerciaux et agents commerciaux. — Les attachés et agents commerciaux sont les représentants à l'étranger du Ministère du Commerce et, par conséquent, les représentants de l'industrie et du commerce français.

Placés auprès des ambassades, des légations ou des consulats généraux, ils sont les conseillers techniques des missions diplomatiques et les informateurs du Ministère du Commerce pour tout ce qui concerne la situation économique.

Mais ils sont surtout les *collaborateurs de notre expansion commerciale* et, à ce titre, doivent, en toutes circonstances, prêter leur entier concours aux commerçants et industriels français.

Pour assurer le contact des attachés et agents commerciaux avec la production française et ses possibilités d'exportation, et, d'autre part, pour fournir aux industriels et commerçants français une documentation de première main sur les marchés étrangers, des *tournées d'études* sont organisées auprès des chambres de commerce et des grands groupements économiques, pendant le séjour des attachés et agents commerciaux en France.

Offices commerciaux à l'étranger. — Les offices commerciaux français à l'étranger sont plus particulièrement des *organes de réalisation*, dont le rôle est de favoriser, par tous les moyens, la vente des marchandises françaises à l'étranger.

Dans ce but, les offices organisent des présentations.

La présentation, qui peut être générale pour un groupe de maisons, ou particulière pour une seule maison, consiste à mettre sous les yeux d'acheteurs étrangers, spécialement convoqués à cet effet, des collections d'échantillons apportés ou envoyés par le vendeur français, et cela en vue d'obtenir des ordres de commande.

La présentation a lieu dans les locaux de l'Office commercial qui se charge de la publicité, de préparer les étalages, de rechercher et réunir les acheteurs dont il a vérifié la solvabilité.

Les voyageurs de commerce et les représentants de passage ont intérêt à s'adresser à l'Office commercial qui mettra à leur disposition une salle, soit pour recevoir, soit pour exposer leurs échantillons.

Tous les offices ont pour correspondant en France l'Office national du Commerce extérieur.

Chambres de commerce à l'étranger. — Les chambres de commerce françaises à l'étranger sont des foyers de propagande française.

Ayant des racines profondes dans le pays de leur résidence, en rapport constant avec les attachés et agents commerciaux et les offices commerciaux, elles possèdent une documentation commerciale abondante et une connaissance parfaite des marchés locaux ; elles sont dès lors toutes qualifiées pour donner des avis précieux, fournir à l'exportateur et au voyageur des renseignements de toutes sortes et appuyer avec autorité les vœux intéressant notre action commerciale à l'étranger.

Assemblées générales

Forces motrices du Haut-Rhin.

ASSEMBLÉE GÉNÉRALE ORDINAIRE DU 15 SEPTEMBRE 1922.

Les comptes présentés à l'assemblée du 15 septembre sont ceux du deuxième exercice social, clos le 31 mars dernier.

L'entreprise a continué à se développer d'une façon satisfaisante, mais, par suite de la sécheresse qui a persisté pendant plus de la moitié de l'exercice, les quantités d'énergie livrées par les usines hydroélectriques de Rheinfelden et de Laufenbourg ont subi une forte réduction. Les disponibilités thermiques de la société ne suffisant pas encore à compenser le manque d'énergie, elle s'est vue dans l'obligation de décider, pendant environ deux mois, des restrictions de fourniture de courant à ses abonnés. Afin de parer, à l'avenir à de pareilles éventualités, le Conseil a décidé, en outre des augmentations envisagées précédemment, de remplacer un groupe de 1 500 kw par un autre de 8 000 à 10 000 kw qui doit être mis en service à la fin de l'année. De plus, des améliorations ont été apportées aux machines installées, dont la puissance sera portée à la fin de l'année à 38 500 kw alors qu'en 1918 cette puissance ne dépassait pas 9 500 kw.

La société a accéléré la construction de la ligne à haute tension de la frontière suisse à Turckheim par l'Ile Napoléon. Cette ligne est destinée à recevoir le courant des Forces motrices bernoises pour la fourniture duquel la société a signé un contrat.

Malgré les difficultés relatées ci-dessus, l'énergie vendue accuse une augmentation d'environ 9 pour 100 et a passé de 74 549 193 kw-h en 1920-1921 à 81 224 234 kw-h pour 1921-1922.

Le bénéfice disponible de 3 526 259 fr, a permis la répartition d'un dividende de 9 pour 100 contre 8 pour 100 précédemment.

Le rapport de la Direction indique que la Commission centrale du Rhin a décidé que le projet présenté par les Forces motrices du Haut-Rhin pour la construction de l'usine de Kembs pourrait être exécuté, à moins que dans un délai de dix-huit mois on ait pu se mettre d'accord avec la Suisse et le pays de Bade pour l'exécution d'un nouveau projet, qui prévoit une surélévation du barrage et fera remonter le niveau dans Bâle jusqu'à l'embouchure de la Birse. Ce nouveau projet offre au point de vue de la navigation l'avantage de remonter le niveau de l'eau et de réduire la vitesse du courant dans le port de Bâle.

Digitized by Google

SECTION DE LÉGISLATION

Législation, jurisprudence, réglementation

Sur les amendes pour dissimulation de bénéfices de guerre.

Le « Journal officiel du 22 juillet 1922 publie, page 2534 des « Débats parlementaires, Chambre des Députés », la question et la réponse suivantes.

13147. — M. Gilbert Laurent, député, demande à M. le ministre des Finances si la loi du 19 juin 1920 relative au taux des décimes à appliquer aux amendes pour dissimulation de bénéfices de guerre doit être appliquée rétroactivement ou si on doit seulement appliquer le taux de 0,20 fr visé par les lois précédentes pour les parts postérieures au 19 juin 1920. (Question du 23 mars 1922.)

Réponse. — A la suite d'un accord intervenu entre la chancellerie et l'administration des finances, l'interprétation à donner à l'article 110 de la loi du 25 juin 1920 a été fixée en ce sens que les nouveaux décimes doivent être exclusivement perçus sur les amendes sanctionnant des faits postérieurs à la promulgation de la loi qui les a institués.

Sur les conditions d'apposition des timbres de dimension sur les papiers soumis au timbre.

Le « Journal officiel » du 22 juillet 1922 publie, page 2538 des « Débats parlementaires, Chambre des Députés », la question et la réponse qui suivent.

14012. — M. Defos du Rau, député, demande à M. le ministre des Finances : 1° si les receveurs des douanes qui s'approvisionnent en timbres mobiles de dimension dans les bureaux de l'enregistrement, peuvent apposer eux-mêmes et oblitérer avec leur griffe des timbres sur les transactions et soumissions contentieuses qu'ils font ensuite enregistrer dans les bureaux de l'enregistrement : 2° si un receveur de l'enregistrement a le droit : *a*) de refuser d'apposer des timbres de dimension sur les formules diverses non imprimées, établies sur papier libre, mais tapées à la machine à écrire ou polycopiées et non remplies des noms des mandant et mandataire et non signées ; *b*) de percevoir une amende de timbre lorsque ces mêmes formules établies, soit sur papier imprimé, soit par les moyens ci-dessus relatés, lui sont présentées, remplies et signées pour être timbrées ; *c*) de refuser d'apposer sur des feuilles entièrement blanches des timbres de dimension. (Question du 9 juin 1922.)

Réponse. — 1° Réponse négative ; 2° *a*) les formules établies à la machine à écrire ou polycopiés peuvent être revêtues de timbres mobiles de dimension par les receveurs de l'enregistrement à condition que ces formules ne soient datées, ni signées ; *b*) par contre, ces agents sont tenus de percevoir une amende si ces formules sont présentées au timbrage après avoir été utilisées, c'est-à-dire après avoir été datées et signées ; *c*) l'apposition de timbres mobiles de dimension sur des feuilles de papier blanc n'a jamais été autorisée.

Sur le contrôle des livres en vue de l'établissement de la taxe sur le chiffre d'affaires.

Le « Journal officiel » du 22 juillet publie, page 2539 des « Débats parlementaires, Chambre des Députés » la question et la réponse qui suivent.

14051. — M. Philippoteaux, député, demande à M. le ministre des Finances si un receveur des douanes a le droit de contrôler les livres de toute la comptabilité d'un agent en douanes, établi à la frontière belge, pour la perception du chiffre d'affaires. (Question du 13 juin 1922.)

Réponse. — L'article 67 de la loi du 25 juin 1920 impose aux redevables de l'impôt sur le chiffre d'affaires, l'obligation de fournir aux agents de l'administration dont ils relèvent pour la perception de cet impôt « toutes justifications nécessaires à la fixation du chiffre d'affaires ». D'ailleurs, aux termes de l'article 77 de la même loi « les employés supérieurs, contrôleurs en chef, vérificateurs principaux et receveurs des douanes pourront exiger la communication des papiers et documents de toute nature relatifs aux opérations intéressant leur service,... chez les commissionnaires ou transitaires. »

Arrêt de la Cour de Cassation relatif aux accidents provoqués par les lignes de distribution d'énergie électrique (28 juin 1920).

Par un arrêt en date du 28 juin 1920, la Cour de Cassation a statué sur un cas assez curieux d'application de l'arrêté ministériel déterminant les conditions techniques auxquelles doivent satisfaire les distributions d'énergie électrique pour l'application de la loi du 15 juin 1906.

Exposé de l'affaire : Un ouvrier, M. Peylet, appartenant à une entreprise générale de peinture, avait été électrocuté en entrant en contact avec un conducteur électrique alors qu'il procédait à la remise en état de la peinture des poteaux d'une des lignes aériennes électriques de la Compagnie des Tramways départementaux de la Haute-Vienne.

Mme Vve Peylet et la Compagnie « La Providence » à laquelle était assuré l'entrepreneur M. Deschamps intentèrent, par application de l'article 1382 du Code civil et 7 de la loi du 9 avril 1898, (modifiée par la loi du 22 mars 1902), une action contre la Compagnie des Tramways de la Haute-Vienne à effet d'obtenir la réparation du préjudice qui leur était causé.

Les demandeurs soutenaient que la Compagnie des

Digitized by Google

Tramways électriques de la Haute-Vienne, en n'interrompant pas le courant électrique pendant l'exécution du travail de l'ouvrier Peylet, avait commis une infraction aux dispositions de l'article 34 de l'arrêté ministériel du 21 mars 1911 qui interdit de faire exécuter aucun travail sur les lignes de 2e catégorie sans qu'elles aient été, au préalable, isolées de tout générateur possible de courant.

En appel du jugement du tribunal de première instance (dont il serait sans intérêt de parler ici), la Cour de Limoges avait interprété le dit article 34 en décidant qu'il n'est relatif qu'aux *lignes proprement dites* et qu'il ne s'applique pas aux poteaux qui les soutiennent, ceux-ci étant isolés des lignes, en tout temps, par un dispositif spécial.

Le Cour de Cassation saisie du pourvoi a confirmé l'arrêt de la Cour d'appel de Limoges en s'en tenant aussi, strictement, au pied même de la lettre du texte de l'article 34 de l'arrêté ministériel du 21 mars 1911.

Il n'est pas douteux que l'interprétation de la Cour de Limoges et de la Cour de Cassation est légale mais dans l'idée des rédacteurs de cet arrêté réglementaire, il semble bien que l'interdiction d'exécuter des travaux sur une ligne en charge devait s'appliquer aux travaux exécutés non seulement sur les fils mêmes transportant le courant électrique mais aussi sur les poteaux; l'expression *lignes* comprenant à la fois la canalisation elle-même et ses supports, par une certaine analogie avec l'expression *ligne de chemin de fer*, employée pour désigner les rails, la plate-forme de la voie ferrée et toutes les parties du domaine public comprises entre les clôtures.

Conclusion. — L'arrêt de la Cour de Cassation n'a fait qu'attirer, une fois de plus, l'attention sur les divergences d'interprétation qui pouvaient être données à ces dispositions de l'arrêté du 21 mars 1911. Toutefois ce point n'avait pas échappé à l'Administration qui avait déjà eu lieu de constater la nécessité de préciser cette disposition de l'article 34.

Aussi, lors de la dernière revision de l'arrêté technique qui est devenu l'arrêté ministériel du 30 juillet 1921 la rédaction de l'ancien article 34 (aujourd'hui art. 38) relatif aux prescriptions à prendre dans les travaux d'entretien des lignes a été complétée et modifiée. Le paragraphe 1er de l'article 38 est ainsi rédigé :

« Il est interdit de faire exécuter sur les installations de deuxième catégorie ou *au voisinage immédiat des lignes* aucun travail sans qu'elles aient été préalablement isolées de tout générateur possible de courant. »

Cette modification s'imposait car, en matière de sécurité des ouvriers travaillant aux installations électriques, on ne pourrait, sans risque de danger, envisager séparément la canalisation proprement dite et les poteaux ou pylônes en raison de l'éventualité, toujours à craindre, de l'électrification accidentelle des dits poteaux et pylônes.

On sait, du reste, que pour les lignes transportant du courant de deuxième catégorie, les poteaux ou pylônes, doivent être munis de plaques indicatrices portant la mention : « Danger de mort. Défense de toucher aux fils même tombés à terre. »

Cette indication doit être entendue en ce sens qu'il y a non seulement danger de mort à toucher les fils tombés à terre mais même aussi à toucher le poteau ou le pylône.

Jean de la Ruelle,
Chef de bureau
au Ministère des Travaux Publics.

Arrêt de la Cour d'Appel d'Amiens concernant l'application aux agences et succursales de la loi sur le Registre du Commerce.

Sur appel introduit par la Société Ouest-Métaux, la Cour d'Appel d'Amiens vient de rendre un arrêt des plus intéressants sur l'application de la loi aux agences et succursales.

Chacun sait que la loi astreint à l'immatriculation non seulement le siège de l'établissement principal des assujettis mais encore toutes leurs agences ou succursales en France.

Mais le législateur s'étant abstenu de définir ce qu'il faut entendre par les mots agences ou succursales, leur interprétation a donné lieu aux théories les plus inattendues.

Dans l'affaire qui nous occupe, le greffe de Compiègne avait cru pouvoir s'autoriser d'une circulaire du 26 juin 1920 pour exiger l'immatriculation, à titre de succursales, des chantiers de travaux publics ouverts dans son ressort. La circulaire visée prescrivait que « *tout établissement si rudimentaire soit-il*, fût-ce un simple atelier » devait s'inscrire.

Ces termes, qui renfermaient déjà une interprétation extensive des dispositions de la loi ne suffisaient cependant pas à justifier la prétention du greffe puisque, en admettant la légalité de la circulaire, il restait à démontrer qu'un chantier, organe de simple exécution, d'un caractère précaire, établi chez autrui, peut être considéré comme *un établissement*, même rudimentaire.

La thèse du greffe de Compiègne a cependant été sanctionnée par le Tribunal de Commerce de Pontoise; plusieurs entrepreneurs, qui avaient installé dans la région des chantiers de travaux, furent condamnés successivement à se faire inscrire au Registre du Commerce. L'un de ces entrepreneurs, la Société Ouest-Métaux, n'a pas hésité, dans l'intérêt de toute la corporation, à porter l'affaire devant la juridiction d'appel et ses efforts ont été récompensés par un arrêt de la Cour d'Amiens qui fait justice de la jurisprudence des juges du premier degré. Il résulte des considérants de cet arrêt du 6 mai 1922 qu'aucune assimilation n'est possible entre les « *succursales ou agences* », organismes commerciaux permanents, où se traitent des affaires, et les chantiers, lieux de dépôt et d'exécution dont l'existence précaire est destinée à disparaître à la fin des travaux.

L'intérêt de cette décision déborde le cadre des travaux d'entreprises. Il est évident, en effet, qu'en tirant la conséquence logique des attendus du Tribunal de Commerce de Compiègne, on était conduit fatalement à étendre l'obligation d'immatriculation suivie d'une radiation à toutes les opérations qui peuvent entraîner le déplacement même momentané d'un personnel hors du siège des établissements assujettis. Il n'est pas besoin d'insister sur la sujétion qu'imposerait à une foule d'industries cette singulière interprétation.

Digitized by Google

REVUE GÉNÉRALE DE L'ÉLECTRICITÉ

Organe de l'Union des Syndicats de l'Électricité

réunissant

LA REVUE ÉLECTRIQUE 1904-1916 — LA LUMIÈRE ÉLECTRIQUE 1879-1916

DIRECTEUR : J. BLONDIN, Agrégé de l'Université.

6e ANNÉE. — TOME XII. — N° 15. — 14 OCTOBRE 1922.

Chronique. — Nécrologie : Jules Boussard. — Bibliographies : Les machines électriques, théorie et construction, par A. MAUDUIT; L'acier, élaboration et travail, par le colonel J. ROUELLE, p. 537-538.

Section scientifique et technique: — Le champ magnétique et l'induction magnétique sont-ils de même nature? par E. BRYLINSKI, p. 539. — Le champ magnétique et l'induction magnétique sont-ils de même nature? par F. LEBERT, p. 542. — Le champ à l'intérieur des aimants est-il unique ou multiple? par A. LIÉNARD, p. 544. — Sur le champ et l'induction magnétiques et les unités électriques, par Louis ROY, p. 548. — Revues, analyses et informations : La physique de la lampe à trois électrodes, p. 550.

Section industrielle. — Sur les erreurs de connexions des compteurs triphasés à haute tension, par M. DAVAL, p. 553. — La téléphonie multiple par lampes à trois électrodes, par A. TURPAIN, p. 556. — Revues, analyses et informations : La fin des travaux d'électrification des chemins de fer rhétiques, p. 558; Applications de la méthode calorimétrique pour la détermination du rendement des turbines hydrauliques, p. 564.

Section économique et financière. — Importations et exportations françaises de matériel électrique, produits électrométallurgiques et électrochimiques, par Désiré PECTOR, p. 565. — Revues, analyses et informations : La mobilisation technique, p. 568. — Assemblées générales : Société des Forces motrices de la Vienne, p. 570; Etablissements Gaiffe-Gallot et Pilon (Société anonyme), p. 571; Ateliers de Constructions électriques de Charleroi, p. 572.

Section de législation. — La distribution des réserves dans les sociétés par actions, par Paul BOUGAULT, p. 573.

Erratum, p. 576.

Nécrologie : Jules Boussard. — Les milieux de l'industrie électrique ont appris avec une pénible émotion la nouvelle inattendue de la mort de M. Jules Boussard, directeur général honoraire de la Compagnie générale d'Electricité, administrateur, membre du Comité de Direction de la Compagnie des Lampes, vice-président de la Compagnie générale d'Electro-Céramique, décédé subitement le 20 juillet dernier au Val-André, où il se trouvait en villégiature.

Peu de carrières ont eu un développement plus modeste que celle de M. Boussard. Comme lui, elle fut simple, droite, toute faite de probe labeur et de saine intelligence, avec une rare constance et fidélité aux tâches et aux hommes auxquels il s'était une fois donné.

Il avait fait de solides débuts dans la banque et était rapidement parvenu à un poste de confiance dans l'un de nos plus grands établissements de crédit, lorsque M. Azaria, qui venait de fonder la Société normande d'Electricité, le distingua et fit de lui un collaborateur qui ne devait plus le quitter. C'est ainsi qu'il entra en 1892 à la Compagnie générale des Lampes à incandescence, comme secrétaire général, et, lorsque celle-ci fit apport de son actif à la Compagnie générale d'Electricité, fondée en 1898, qu'il passa à cette dernière société comme directeur du Département des Lampes et des Fabrications annexes : cristallerie, culots, etc. C'est à cette maison que, pendant près de trente ans, il consacra toute son intelligence et tout son dévouement, et il fut certainement l'un des bons ouvriers qui firent, de la modeste société de 1898, l'une des toutes premières firmes de l'industrie électrique française. Il n'avait cessé ses fonctions actives à la Compagnie générale d'Electricité que pour la représenter dans le Conseil et le Comité de Direction de la Compagnie des Lampes fondée l'année dernière, en collaboration avec la Compagnie Thomson-Houston et la General Electric Company. De cette combinaison qui, par la fusion de plusieurs et des plus importantes fabriques de lampes de notre pays, avait pour but de créer en France une société capable d'égaler, par son envergure technique et industrielle, les grandes sociétés analogues de l'étranger. M. Boussard en fut l'un des initiateurs les plus actifs. Sa perte sera vivement ressentie dans cette affaire nouvelle, où sa profonde connaissance de l'industrie des lampes depuis sa plus lointaine origine et sur les marchés nationaux et étrangers était particulièrement précieuse. M. Boussard était également membre du Comité de Direction du Syndicat professionnel des Industries électriques, et apportait la collaboration la plus active et la plus éclairée aux Commissions des Douanes et des Etudes économiques et commerciales de ce syndicat, de même qu'à la Chambre syndicale des Maîtres verriers.

Partout son expérience industrielle et commerciale, son sens des affaires, ses qualités d'organisation, lui

Digitized by Google

valaient une réelle autorité; et s'il se plaisait à donner à ses avis, sous une forme familière et parfois rude, l'aspect d'idées de simple bon sens, ils cachaient, en réalité, une rare finesse et pénétration de jugement, une solide philosophie des hommes et des choses. Sa bonté, sa droiture, son affabilité et sa gaîté, le rendaient sympathique à tous; et pour tous ses subordonnés, employés et ouvriers, dont il avait toujours le souci le plus bienveillant, il était le type du chef respecté et aimé. La mort prématurée de cet homme excellent, de ce travailleur infatigable, à l'heure où il était dans sa pleine maturité, est un chagrin pour tous ceux qui l'ont connu et une perte pour notre industrie française.

M. S.

Bibliographie : Les machines électriques, théorie et construction, par A. Maudcit, ancien élève de l'École Polytechnique, professeur à la Faculté des Sciences de Nancy, avec une préface de A. Blondel, membre de l'Académie des Sciences (1). — Il y a dix-huit ans que fut publiée la première édition de ce *Cours d'Electrotechnique appliquée*. La rapide diffusion de l'ouvrage et son succès nécessitant la publication d'une troisième édition ont montré suffisamment l'opportunité, l'importance et l'excellence de cette œuvre.

L'auteur laisse complètement la partie théorique de côté, la supposant connue du lecteur, et il la complète par l'étude approfondie des moyens pratiques d'en tirer parti pour la construction des machines électriques et pour leurs essais. Ainsi présenté, ce travail est de toute première utilité pour les jeunes électriciens dont le bagage scientifique est déjà assez important et qui ont surtout besoin d'une formation technique ; c'est le cas des candidats et surtout des élèves de nos grandes écoles techniques.

Ce cours comprend dix chapitres dans lesquels l'étude de la construction, très développée, est toujours précédée de la théorie élémentaire et des essais; l'auteur justifie facilement cette disposition. Voici les points principaux traités dans chacun d'eux.

L'ouvrage débute par un exposé des notations et conventions, très concis et présenté avec un soin tout particulier. L'auteur traite ensuite des appareils de mesure et des essais généraux relatifs aux dynamos à courant continu.

Le deuxième chapitre est consacré à la théorie des machines à courant continu, envisageant successivement les enroulements, la réaction d'induit et, d'une façon très détaillée, le phénomène de la commutation.

Le chapitre III est relatif au calcul de ces mêmes machines, le calcul général étant suivi de celui des machines spéciales telles que les turbo-dynamos, les moteurs de traction, etc.

Dans le chapitre IV sont étudiées les propriétés générales des courants alternatifs sinusoïdaux, les appareils de mesure pour courants alternatifs, les mesures de puissances, etc., et dans le chapitre V, la théorie, les essais et la construction des alternateurs.

Les chapitres VI, VII, VIII et IX, sont consacrés respectivement aux transformateurs statiques, monophasés et triphasés, aux moteurs d'induction, traités d'après les travaux de M. Blondel, auxquels on a adjoint les corrections préconisées par la Chambre syndicale des Constructeurs de gros Matériel, aux machines synchrones et aux moteurs à courants alternatifs à collecteur. Cette série d'études se termine par celle du fonctionnement en récupération du moteur monophasé, transformé en génératrice shunt monophasée, question dont l'application à la traction est de grande importance.

Enfin, le dernier chapitre groupe quelques compléments divers, ce sont l'étude expérimentale des formes d'onde des tensions et des intensités des courants ; les redresseurs à vapeur de mercure : la transformation des courants triphasés en courants diphasés par les systèmes Scott et Leblanc : les dynamos à balais supplémentaires mis en court-circuit, imaginées par Rosenberg.

L'auteur a su présenter toutes ces questions d'une manière complète, et il est rare de trouver une aussi grande clarté d'exposition avec une pareille abondance de renseignements pratiques. Aussi cet ouvrage est-il un guide précieux pour tous les ingénieurs électriciens, soit qu'ils s'occupent de projets et de construction, soit qu'ils s'intéressent à l'exploitation. Nous ne pouvons mieux faire, à ce sujet, que de reproduire cette appréciation donnée par M. Blondel à la fin de la préface de ce livre :

« On voit que la nouvelle édition constitue un ouvrage presque nouveau ; comme ses devanciers, il continue d'être, pour l'ingénieur électricien, un véritable manuel encyclopédique de la construction et de l'utilisation des machines, dans lequel le lecteur, jeune ou vieux, trouvera tous les éléments nécessaires pour se mettre rapidement au courant des plus récents progrès, en même temps que de nombreux sujets de réflexions et d'études. » — B. E.

Bibliographie : L'acier, élaboration et travail, par le colonel J. Rouelle (1). Ce volume fait suite à celui du même auteur, paru antérieurement dans la « collection Armand Colin » et traitant de l'élaboration et du travail de la fonte. Comme ce dernier ouvrage peut être lui-même considéré comme la continuation du livre de M. Levainville, toujours dans la même collection, l'étude sur le fer, la fonte et l'acier qui, par son importance, intéresse toutes les personnes désireuses de se tenir au courant du mouvement économique de notre pays, est ainsi complète. L'acier, en particulier, est l'élément le plus important de l'industrie, donc de la prospérité nationale. Son rôle dans la vie moderne est en effet si considérable qu'il n'existe peut-être pas d'industrie qui pourrait s'en passer, et que, d'autre part, il constitue la majeure partie des constructions métalliques, matériel de chemin de fer, matériel d'artillerie, etc.

L'auteur en étudie d'abord la métallurgie, passant en revue les divers procédés utilisés, depuis le four à puddler jusqu'au four de cémentation, et disant quelques mots sur la fabrication au moyen du four électrique. Après quelques pages sur la production de l'acier en France et sur la constitution des aciers dits « spéciaux », il entreprend la deuxième partie de son ouvrage consacrée au travail général de l'acier, soit toutes les modifications que l'on fait subir au métal pris en lingots jusqu'à obtenir les pièces presque finies, prêtes à être utilisées par les machines-outils des ateliers.

L'ouvrage se termine par une bibliographie qu'il aurait peut-être été avantageux de faire un peu plus complète, et ayant, ainsi que nous le signalons dans un autre volume de la même collection, une importance particulière dans les livres de vulgarisation. — B. E.

(1) Un volume, format 25 cm × 16 cm, XXVIII, 1180 p. 593 fig., édité par la librairie Dunod, 49, quai des Grands-Augustins, à Paris, 3e édition (1922). Prix : broché, 80 fr.

(1) Un volume, format 17 cm × 11 cm, 200 pages, 45 fig., édité par la librairie Armand Colin, 103, boulevard Saint-Michel, Paris Ve. Prix : relié, 6 fr ; broché, 5 fr.

Digitized by Google

SECTION SCIENTIFIQUE & TECHNIQUE

Le champ magnétique et l'induction magnétique sont-ils de même nature ?

Dans la note ci-dessous, présentée au récent Congrès de Montpellier de l'Association française pour l'Avancement des Sciences, M. E. Brylinski, qui comme le savent les lecteurs de cette Revue (1), *se préoccupe de la question des grandeurs des unités électriques et magnétiques, expose sous une forme simple et élémentaire les raisons pour lesquelles le champ magnétique et l'induction magnétique doivent nécessairement être considérés comme des grandeurs essentiellement différentes.*

Il importe de tenter de résoudre ces questions, tant au point de vue de l'industrie, où règne sur ces points une grande confusion du fait de l'emploi généralisé du *gauss* comme unité d'induction magnétique, qu'au point de vue de la science pure où la notion d'induction magnétique manque parfois de précision.

Nous sommes nettement d'avis que le champ et l'induction magnétique sont deux grandeurs physiques différentes et qu'il est, par conséquent, indispensable de leur attribuer deux unités différentes. Mais, pour préciser notre point de vue, il est nécessaire de revenir tout d'abord brièvement sur les notions fondamentales de grandeurs, d'unités et de dimensions.

Nombre de grandeurs physiques, telles, par exemple, que l'espace, le temps, le poids, la force, la quantité de mouvement, l'accélération, la température, le travail, sont intuitives ou sensibles.

Pour les étudier, pour développer leurs relations mutuelles, il est nécessaire de les mesurer, c'est-à-dire de choisir à chacune d'elles une unité ; mais toutes ces grandeurs existent quelles que soient les unités de mesure adoptées, et elles resteraient sensibles même si on ne leur avait jamais choisi d'unité. Il est donc contraire à la nature même des choses de dire, comme on le fait parfois, qu'il n'y a pas de grandeurs, mais seulement des unités.

Le mot unité n'a d'ailleurs pas de sens défini par lui-même ; on veut désigner l'unité de mesure d'une grandeur déterminée, qui est, par définition, une grandeur de même espèce, de telle sorte que la notion de grandeur n'est pas seulement distincte de celle d'unité, mais lui est préexistante.

(1) Rappelons les notes et articles de M. Brylinski relatifs à cette question et publiés dans ces colonnes :

A propos de l'unité de champ magnétique et de l'unité d'induction, 2 juillet 1921, t. x, p. 14; Doit-on donner des noms différents à l'unité de champ magnétique et à l'unité d'induction magnétique, 24 septembre 1921, t. x, p. 398; Sur les feuillets magnétiques, 8 avril 1922, t. xi. p. 190 ; Doit-on donner des noms différents à l'unité de champ magnétique et à l'unité d'induction magnétique, 18 mars 1922 t. xi. p. 384 ; id., 8 avril 1922, t. xi. p. 494.

D'autres grandeurs, la masse par exemple, dérivent des précédentes ; d'autres, enfin, tout en étant plus ou moins directement sensibles, comme la température et les grandeurs électriques ou magnétiques n'ont pu être nettement rattachées aux précédentes jusqu'à présent. Mais, là encore, c'est la grandeur qui est la notion fondamentale et non l'unité ; chaque grandeur peut avoir une infinité d'unités distinctes, alors que chaque unité n'est que l'unité de mesure d'une seule grandeur.

Toutes les grandeurs mécaniques peuvent se définir au moyen d'un certain nombre d'entre elles, au nombre maximum de trois ; c'est ainsi que la vitesse, par exemple, est le rapport de l'espace infiniment petit parcouru au temps employé à le parcourir. Ces définitions permettent d'attribuer un sens aux expressions telles que rapport d'une grandeur à une autre : produit d'une grandeur par une autre, qui, par elles-mêmes ne paraîtraient pas en avoir. D'autre part, elles peuvent s'exprimer par des équations symboliques telles que

$$V = LT^{-1},$$

auxquelles on a donné le nom d'équations de dimensions. Ces équations rappellent simplement les définitions mêmes des grandeurs, de sorte qu'on ne saisit pas bien certaines critiques qui leur ont été adressées.

Sous leur forme habituelle, elles présentent parfois quelque ambiguïté, la même formule s'appliquant à deux grandeurs différentes (travail et moment d'un couple, pression et énergie par unité de volume, etc.). Mais, comme l'a remarqué M. Daniel Berthelot, ces ambiguïtés tiennent le plus souvent à ce que l'on représente toutes les longueurs par le symbole L, alors que les longueurs sont dirigées et devraient être représentées par X, Y ou Z.

La température joue un rôle à part et n'a pu être rattachée encore avec certitude aux grandeurs mécaniques.

Les grandeurs électriques et magnétiques n'ont pu,

Digitized by Google

elles non plus, être exprimées jusqu'à présent en fonction des seules grandeurs mécaniques. Mais les relations admises entre elles par la presque unanimité des auteurs sont telles qu'on peut toutes les exprimer en fonction de l'une d'entre elles, des grandeurs mécaniques et, dans certains cas, de la température.

Il a fallu, par conséquent, adopter, pour cette grandeur nécessaire à introduire, une unité de mesure ; c'est ce qu'on a fait en prenant, soit pour unité de mesure des perméabilités magnétiques, celle de l'éther libre (système électromagnétique), soit pour unité de mesure des pouvoirs inducteurs diélectriques celui de l'éther libre (système électrostatique). Il y a, d'ailleurs, une infinité de systèmes électromagnétiques et de systèmes électrostatiques, selon les unités adoptées pour les trois grandeurs mécaniques fondamentales employés. Mais tous ces systèmes ont un caractère commun : ce sont des systèmes d'unités et non pas des systèmes de grandeurs.

Les grandeurs sont ce qu'elles sont ; il n'y a pas à faire d'hypothèse sur leur nature, à supposer, par exemple, que la perméabilité magnétique ou le pouvoir inducteur diélectrique est un pur nombre, comme on le dit trop souvent. Une pareille hypothèse est à la fois inutile et fâcheuse.

Tout d'abord, l'hypothèse est inutile. Elle ne pourrait, en effet, servir qu'à mesurer les grandeurs électriques et magnétiques, ou à expliciter des formules de dimensions de ces grandeurs en fonction seulement de L, M, T. Le premier but est pleinement atteint du fait du choix, soit de l'unité de perméabilité, soit de l'unité de pouvoir inducteur diélectrique, sans qu'il soit nécessaire de connaître la nature réelle de la grandeur dont on a défini l'unité, pas plus qu'on ne connaît la nature réelle de la masse mécanique. Le second but aboutit à des formules de dimensions tellement compliquées qu'elles en deviennent inutiles ; leur complication, en effet, les rend inutilisables pour les emplois usuels des formules de dimensions et, d'autre part, le fait que presque aucune des formules ainsi obtenues ne correspond à une grandeur mécanique connue, rend l'hypothèse qui leur sert de base extrêmement improbable.

Cette hypothèse inutile est, de plus, fâcheuse parce qu'elle précise le sens de toutes les grandeurs électriques et magnétiques dans des conditions qui, ainsi que nous allons le voir, sont vraisemblablement inexactes.

Il y a lieu, d'ailleurs, avant toute discussion, de définir avec précision le champ et l'induction magnétiques.

Le champ magnétique s'explore au moyen d'une aiguille aimantée petite et très fine, dont la direction est celle du champ et dont les oscillations libres permettent de calculer une valeur proportionnelle à l'intensité du champ.

Le champ magnétique d'un courant électrique ainsi mesuré peut s'exprimer soit par intégration de la formule élémentaire de Laplace

$$\mathcal{H} = \beta \frac{i\,ds \sin \alpha}{r^2},$$

qui n'a qu'un caractère théorique, mais constitue un instrument de calcul commode et jamais mis en défaut jusqu'à ce jour, soit par la force magnétomotrice d'un circuit fermé

$$\int \mathcal{H}\,dl = 4\pi\beta i.$$

Le coefficient β est indépendant des dimensions et de la nature du conducteur, de la nature du courant (conduction, convection ou déplacement) ainsi que de la nature du milieu, au moins dans un milieu isotrope indéfini. Comme les formules indiquées servent à définir le champ magnétique en fonction du courant électrique, il est naturel de prendre ce coefficient constant égal à l'unité ; si, en effet, on le considérait comme une grandeur physique, le résultat serait d'amener, sans aucune utilité, une indétermination complète au sujet de la nature de ce coefficient, ainsi que du champ magnétique. C'est pour ces motifs que la presque unanimité des auteurs égale ce coefficient β à l'unité.

L'induction magnétique se déduit de la force électromotrice produite dans un circuit par toute variation du flux d'induction qui le traverse

$$E = -\frac{d(\mathcal{B}S)}{dt}.$$

Ces définitions simples et universellement acceptées sont suffisantes dans la plupart des cas. Si toutefois l'on désire des définitions tout à fait générales, on peut se reporter à celles qu'a récemment données M. Langevin (1).

Le champ magnétique se définit à partir de la nappe de courant superficielle nécessaire, sur un tube infiniment délié, pour protéger l'intérieur du tube contre toute action magnétique. Si l'on prend pour axe des x l'axe du tube, l'intensité di du courant superficiel (qui se produira spontanément si le tube est supraconducteur) par élément de longueur dx définit la composante $\mathcal{H}_x$ du champ magnétique par la relation (à un facteur 4π près, mais c'est une simple question de choix d'unités)

$$di = -\mathcal{H}_x dx.$$

L'induction magnétique $\mathcal{B}$ se définit par l'action que subit un élément de courant ou une particule électrisée en mouvement. La composante $\mathcal{B}_x$ est telle que

$$dT = i\,d(\mathcal{B}_x\,dy\,dz)$$

soit le travail effectué par l'action que subit un élément de courant i de longueur dz le long d'un déplacement dy.

On voit qu'il n'y a aucune raison pour que ces deux grandeurs $\mathcal{H}$ et $\mathcal{B}$ soient de même nature ; au contraire, $\mathcal{H}$ se définit par une intégrale de ligne et $\mathcal{B}$, par son

(1) Sur la nature des grandeurs et le choix d'un système d'unités électriques ; P. Langevin. *R. G. E.*, 25 février 1922, t. XI, p. 259-263.

Digitized by Google

flux à travers une surface. De plus, le produit $\mathcal{B}\mathcal{H}\,dx\,dy\,dz$ est un travail, et, en effet, l'énergie par unité de volume d'un champ magnétique a pour expression

$$\int \frac{\mathcal{H}\,d\mathcal{B}}{4\pi}.$$

On retrouve ici les deux grandeurs essentiellement distinctes qui, dans toutes les branches de la physique, interviennent dans l'expression de l'énergie. Il n'y a aucune raison pour que l'électromagnétisme constitue une exception à cette règle.

D'autre part, la relation qui existe entre $\mathcal{B}$ et $\mathcal{H}$ est, en général, compliquée. Il faut, pour arriver à la relation de simple proportionnalité dont on use habituellement non sans quelque imprudence, se trouver dans un milieu isotrope indéfini non ferromagnétique où il n'y ait pas de champ gravifique et écrire en coordonnées trirectangulaires. En général, la relation qui relie $\mathcal{B}$ à $\mathcal{H}$ est une relation vectorielle linéaire à neuf coefficients. Lorsqu'on arrive aux corps ferromagnétiques, la perméabilité n'a plus de sens défini ; la valeur de $\mathcal{B}$ à chaque instant ne dépend plus seulement de la valeur actuelle de $\mathcal{H}$, mais de ses valeurs antérieures, de sorte qu'à chaque valeur de $\mathcal{H}$ correspondent une infinité de valeurs de $\mathcal{B}$ comprises entre deux limites dont la valeur dépend elle-même du maximum atteint antérieurement par $\mathcal{H}$. Le rapport $\frac{\mathcal{B}}{\mathcal{H}}$ peut prendre toutes les valeurs possibles entre $+\infty$ et $-\infty$. Comment pourrait-on envisager que $\mathcal{B}$ et $\mathcal{H}$ puissent n'être qu'une seule et même grandeur physique ?

M. Langevin a mis en évidence un critérium intéressant en ce qui concerne cette question d'identité de nature : deux grandeurs ne peuvent être dites de même nature que si leur égalité éventuelle, c'est-à-dire l'égalité de leurs composantes correspondantes, a un sens intrinsèque, indépendant du système de coordonnées, c'est-à-dire si leurs composantes se transforment de la même manière dans un changement quelconque du système de coordonnées (il en est ainsi, par exemple, pour les diverses forces, quelle que soit leur origine).

Or, il suffit de passer d'un système de coordonnées rectangulaires à un système de coordonnées obliques pour voir que les coordonnées du champ magnétique se transforment autrement que celles de l'induction. Il n'est donc pas possible, même dans l'éther libre, de donner un sens intrinsèque à l'égalité d'un champ et d'une induction, à laquelle on peut arriver en valeurs numériques par un choix spécial de coordonnées et d'unités.

Reste à examiner l'objection que Maxwell a défini l'induction comme étant un champ. Cette définition, placée au début de la théorie du magnétisme, provient de ce que Maxwell écrit tout d'abord la loi de Coulomb sous la forme

$$f = \frac{m\,m'}{r^2}$$

sans coefficient, ce qui ne lui permettait pas, à ce stade du développement de sa théorie, d'apercevoir la distinction qui se serait nécessairement présentée s'il avait écrit le coefficient de proportionnalité indispensable. Il n'emploie d'ailleurs pas le terme de champ magnétique, mais celui de force magnétique ; or, ce mot force a bien des sens divers sous sa plume et il n'est pas certain qu'il désigne le champ avec la rigueur que nous essayons d'apporter aujourd'hui à nos définitions.

Si l'on reprend avec soin ses raisonnements sur les cavités fictives, l'une longue et mince, l'autre large et plate, on voit aisément que les résultats numériques que l'on obtiendrait seraient sensiblement égaux, dans le premier cas, à la valeur numérique du champ et, dans le second cas, à la valeur numérique de l'induction ; mais il ne résulte de là aucune présomption d'identité de nature de ces deux grandeurs, et cette constatation résulte simplement de la convention faite d'adopter comme unité de perméabilité magnétique celle de l'éther.

On voit, d'ailleurs, facilement en reprenant les raisonnements sans supprimer, comme on le fait arbitrairement à la suite de Maxwell, la perméabilité magnétique de l'éther, que le vecteur induction ne doit pas s'écrire, comme le fait Maxwell,

$$\vec{\mathcal{B}} = \vec{\mathcal{H}} + 4\pi\vec{\mathcal{J}},$$

mais bien

$$\vec{\mathcal{B}} = \mu_0\vec{\mathcal{H}} + 4\pi\vec{\mathcal{J}},$$

ce qui rétablit l'homogénéité.

Après avoir défini l'induction par l'expression non homogène que nous venons de rappeler, Maxwell n'hésite pas, à la fin de la théorie, à la définir à nouveau par la force électromotrice induite

$$E = -\frac{d(\mathcal{B}S)}{dt},$$

sans s'inquiéter du fait que cette définition plus générale ne concorde avec la définition primitive que si la perméabilité est un pur nombre.

C'est évidemment cette seconde définition, survenant à la fin de la théorie, à un moment où l'étude des phénomènes a permis aux idées de se préciser, qu'il convient d'adopter, la première devant être rectifiée comme nous l'avons signalé.

En résumé, le champ magnétique et l'induction magnétique nous apparaissent comme n'étant pas de même nature et n'ayant pas mêmes dimensions. Ils nécessitent, par conséquent, des unités différentes.

La question du nom de ces unités n'est pas posée. Nous nous bornerons donc à signaler qu'il nous paraîtrait préférable de réserver à l'unité d'induction le nom de gauss, qui est employé très généralement dans ce sens et que, au cas où cette proposition serait adoptée, M. Paul Janet a suggéré le nom de Mascart pour l'unité de champ magnétique. Mais nous pensons qu'il n'y a pas lieu d'entamer dès à présent une discussion sur ces dénominations.

E. Brylinski.

Digitized by Google

Le champ magnétique et l'induction magnétique sont-ils de même nature

Cette note, présentée au Congrès de Montpellier de l'Association française pour l'Avancement des Sciences, répond négativement à la question posée en se basant sur des considérations exposées plus en détail dans un opuscule que l'auteur a récemment publié.

Dans l'études des phénomènes physiques, on considère des quantités susceptibles de tension ; le produit de la tension par la quantité est de l'énergie, de sorte que le produit de la tension par le débit de la quantité est de la puissance :

1 kg élevé de 1 m donne 1 kg-m, une force multipliée par une vitesse est une puissance, 1 v multiplié par 1 coulomb donne 1 joule, 1 v multiplié par 1 A donne 1 w, etc.

En électricité et magnétisme, on considère deux sortes de quantités : la quantité d'électricité dont le débit est le courant électrique et dont la tension est la tension électrique, puis la quantité de magnétisme dont la tension est la force magnétomotrice.

Si on a d'abord observé le magnétisme dans les aimants permanents, on sait, depuis Œrsted et Ampère, que le courant électrique aimante le milieu environnant et, depuis Faraday, qu'une variation dans le temps du magnétisme donne lieu à une tension électrique.

Cela a permis de grouper, dans un même tableau, toutes les unités de l'électricité et du magnétisme, en les exprimant en fonction des unités C. G. S. de longueur L, de masse M, de temps T et soit de k_0 pouvoir inducteur spécifique dans le vide (système électrostatique) ou soit de μ_0 perméabilité magnétique dans le vide (système électromagnétique).

Ces deux systèmes ne sont du reste pas indépendants, par suite de la liaison du magnétisme avec l'électricité précisée par la relation de Maxwell :
$k_0 \mu_0 c^2 = 1$, où $c = 3.10^{10} = LT^{-1}$ est la vitesse de la lumière dans le vide.

Les unités de quantité d'électricité sont : soit $q_0 = \frac{1}{3.10^9}$ coulomb, soit $Q_0 = 10$ coulombs.

Les unités de tension électrique sont : soit $v_0 = 300$ v, soit $V_0 = 10^{-8}$ v ; alors $v_0 q_0 = V_0 Q_0 = 10^{-7}$ volt-coulomb $= 10^{-7}$ joule $= ML^2T^{-2}$.

La loi de Coulomb donne dans le vide

$$\frac{q_0^2}{k_0 L^2} = MLT^{-2},$$

d'où

$$k_0 = \frac{q_0^2}{ML^3T^{-2}} = \frac{Q_0^2}{MLc^2} = \frac{MLT^{-2}}{v_0^2} = \frac{MLT^{-2}}{9.10^{20} V_0^2}.$$

L'unité de magnétisme m_0 se définit en mettant en présence deux pôles d'aimant tels que

$$\frac{m_0^2}{\mu_0 L^2} = MLT^{-2}, \quad \text{d'où} \quad \mu_0 = \frac{m_0^2}{ML^3T^{-2}}.$$

Toutes les machines électriques sont fondées sur cette loi de Faraday, qu'une variation dans le temps du magnétisme donne lieu à une force électromotrice ou tension, l'unité électromagnétique $v_0 = 10^{-8}$ v étant définie par $v_0 = m_0 T^{-1}$.

Alors

$$\mu_0 = \frac{m_0^2}{ML^3T^{-2}} = \frac{v_0^2}{ML^3T^{-4}} = \frac{ML}{Q_0^2}.$$

Il en résulte sans ambiguïté que

$$k_0 \mu_0 = \frac{1}{9.10^{20} L^2 T^{-2}} = \frac{1}{c^2} \quad \text{ou} \quad k_0 \mu_0 c^2 = 1.$$

Cette relation fondamentale paraît heurter les partisans de l'identification du champ et de l'induction magnétiques. C'est pourtant de là que Hertz a déduit les principes de la télégraphie sans fil qui n'est certes pas un mythe.

On paraît se demander comment deux entités physiques peuvent être liées par une pareille relation. Pour qu'on ait moins d'hésitation à admettre purement et simplement la relation de Maxwell, nous avons montré dans un opuscule (1) qu'on pouvait, en gravitation, en mécanique, dans la théorie de la chaleur, trouver des quantités physiques k et μ liées par la relation, $k\mu c^2 = 1$ et qui permettent, comme en électricité, d'exprimer toutes les grandeurs utiles à considérer pour la résolution des problèmes, par exemple :

1° La capacité $C = Kl_c$, rapport entre la quantité et sa tension, qu'il s'agisse de la masse m et de sa tension gH, de la déformation élastique γ et de la force agissante, etc.

La résistance $R = \mu v_r$, d'où on déduit la résistance d'isolement $\rho = \frac{Rl}{\alpha}$ qu'on peut définir très simplement

(1) *Electricité-magnétisme, gravitation, mécanique, théorie de la chaleur, grandeurs physiques k et μ liées par la relation* $k\mu c^2 = 1$, édité à Vannes en 1922 par Lafolye frères et Cie éditeurs.

Digitized by Google

dans la théorie de la chaleur, pour interpréter l'expérience d'Ingenhouz.

3° L'inertie $\Lambda = \mu l_\lambda$ qui se confond avec la masse dans les problèmes de mécanique.

Si on admet, avec Einstein, qu'à chaque masse correspond une longueur r telle que $\frac{m}{r}$ soit un invariant défini avec une grande approximation par $\frac{M}{10^{-28} L}$, et si désigne en général par V une tension spéciale de la quantité à considérer, on a

$$k = \frac{mc^2}{rV^2} \quad \text{et} \quad \mu = \frac{rV^2}{mc^2}.$$

On retrouve le k_g de Newton, en prenant

$$V = c^2 k_g = \frac{mc^2}{rc^2} = \frac{m}{rc^2} = \frac{m}{R^3 g},$$

car si m est la masse de la terre, le r correspondant se calcule en posant $rc^2 = R^2 g$.

En gravitation, on a

$$k_g = \frac{m}{rc^2}, \qquad \mu_g = \frac{r}{m}.$$

En mécanique, on a

$$k_m = \frac{r}{mc^2}, \qquad \mu_m = \frac{m}{r}.$$

Ce sont des quantités physiques, exprimées seulement en fonction de M, L, T.

Si en électromagnétisme, on ne peut exprimer k_0 et μ_0 sans recourir à une entité soit magnétique, soit électrique, c'est qu'on est dans un tout autre domaine où il se passe des phénomènes électriques et magnétiques, les premiers dépendant de k_0, les seconds de μ_0. C'est ainsi qu'on ne peut exprimer l'énergie potentielle électrique qu'en fonction de la capacité $C = K_0 l_c$ par CV^2 et l'énergie électro-cinétique qu'en fonction du coefficient d'induction $\Lambda = \mu_0 l_\lambda$ par ΛI^2. Or cette énergie électrocinétique, c'est en somme l'énergie d'aimantation du milieu ambiant, produit du courant électrique I qui est, dans l'espèce, la tension en force magnétomotrice, exprimable en ampères-tour, du magnétisme défini par ΛI.

On sait qu'on calcule

$$\frac{1}{2} \Lambda I^2 \quad \text{par} \quad \frac{1}{8\pi} \int \mathcal{H} \beta \, dl.$$

En chaque point situé à une distance l d'un courant parcourant un fil assez long, la loi de Biot et Savart précise que le champ magnétique $\mathcal{H} = \frac{2I}{l}$, I étant évalué en déca-ampères, dans d'autres cas le coefficient numérique peut être différent, on peut toujours poser $\mathcal{H} = \mathcal{H}_1 \mathcal{H}_0$, $\mathcal{H}_1$ étant un nombre et $\mathcal{H}_0 = Q_0 T^{-1} L^{-1}$ étant le champ unité ou déca-ampère par unité de longueur. Dans le vide l'induction β se mesure dans le système électromagnétique par le même nombre $\mathcal{H}_1$ parce qu'on prend μ_0 comme unité, ce qui fait que l'induction magnétique unité $\beta_0 = \mu_0 \mathcal{H}_0$ est bien simplement proportionnelle à $\mathcal{H}_0$. Dans un milieu magnétique où la perméabilité magnétique par rapport au vide se mesure par le nombre μ_1, comme Maxwell nous l'a appris en considérant ses cylindres infiniment déliés et infiniment aplatis, l'induction se mesure toujours en fonction de

$$\beta_0 = \mu_0 \mathcal{H}_0 \quad \text{par} \quad \mu_1 \mathcal{H}_1,$$

et on a

$$\frac{1}{8\pi} \int \mathcal{H} \beta = \frac{1}{8\pi} \mathcal{H}_1^2 \mu_0 \mathcal{H}_0^2 \quad \text{ou} \quad \frac{1}{8\pi} \mu_1 \mathcal{H}_1^2 \mu_0 \mathcal{H}_0^2$$

$$\mu_0 \mathcal{H}_0^2 = \frac{ML}{Q_0^2} \times Q_0^2 T^{-1} L^{-2} = ML^{-1} T^{-2},$$

est bien de l'énergie par centimètre cube et

$$\frac{1}{8\pi} ML^{-1} T^{-2} \int \mu_1 \mathcal{H}_1^2 \, dl,$$

sera bien de l'énergie. Si μ_0 était un simple nombre, pour que le champ et l'induction soient de même nature, il faudrait que $Q_0^2 T^{-2} L^{-2}$ soit de l'énergie par unité de volume, que $Q_0^2 = ML$. Nous en attendons la preuve.

D'autre part

$$\mu_0 \mathcal{H}_0 = \frac{m_0^2}{ML^3 T^{-2}} Q_0 T^{-1} L^{-1} = \frac{m_0}{L^2} \frac{m_0 Q_0}{ML^2 T^{-2}} = \frac{m_0}{L^2} \frac{r_0 Q_0}{ML^2 T^{-1}},$$

et on a bien $\beta_0 = \frac{m_0}{L^2}$; on ne peut omettre μ_0 dans la définition de l'unité d'induction, pour définir l'aimantation du milieu. On peut certes faire des calculs corrects, en ne tenant compte que des nombres $\mathcal{H}_1$ et μ_1, mais qu'on ne perde pas de vue que $\mathcal{H}_0 = Q_0 T^{-1} L^{-1}$, que

$$\beta_0 = \frac{m_0}{L^2} = \frac{V_0 T}{L^2},$$

et qu'on ne prétende pas ajouter des déca-ampères par unité de longueur avec des quantités superficielles de magnétisme.

$\mathcal{H}$ et β sont de natures différentes. Leurs unités ont pour dimension

$$\mathcal{H}_0 = \mu_0^{-\frac{1}{2}} M^{\frac{1}{2}} L^{-\frac{1}{2}} T^{-1} \quad \text{et} \quad \beta_0 = \mu_0^{\frac{1}{2}} M^{\frac{1}{2}} L^{-\frac{1}{2}} T^{-1},$$

et méritent des noms différents.

F. LEBERT,
Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées.

Digitized by Google

Le champ à l'intérieur des aimants est-il unique ou multiple ?

D'après l'article ci-dessous, qui reproduit un mémoire présenté au Congrès de Montpellier de l'Association française pour l'Avancement des Sciences, l'intensité du champ magnétique à l'intérieur d'un aimant, au lieu d'être considérée comme ayant une unique valeur ainsi qu'on le fait ordinairement, doit au contraire, par suite de la discontinuité de la matière, être regardée comme présentant une infinité de déterminations. Le vecteur appelé induction magnétique représente une de ces déterminations aussi bien que le vecteur appelé champ magnétique. L'un et l'autre vecteur mériteraient donc la dénomination de « champ ».

La discussion en cours à la Société française de Physique sur la question des unités a montré que beaucoup d'électriciens et de physiciens considèrent le champ à l'intérieur d'un corps aimanté comme possédant une valeur unique. L'opinon n'est pas nouvelle et l'on trouve la thèse exposée comme il suit dans un traité important paru en 1903.

« Pour pouvoir étudier et même concevoir l'existence d'un champ magnétique, il faut placer à l'endroit considéré un point magnétique libre de se mouvoir. On n'en voit pas la possibilité à l'intérieur d'un corps solide, un aimant d'acier, par exemple. Il faudrait, pour cela, creuser une cavité dans l'aimant; mais les surfaces de la cavité se recouvriraient d'une couche de magnétisme n'existant pas auparavant (expérience de l'aimant brisé), ce qui fait que le champ que pourrait mettre en évidence un point magnétique placé dans la cavité ne pourrait pas être pris pour le champ dans l'intérieur de l'aimant intact. On peut, cependant, surmonter cette difficulté en choisissant une cavité de forme convenable ». L'auteur donne ici la définition d'une cavité allongée dans le sens de l'aimantation, pour laquelle les parois ne se recouvriraient d'aucune couche de magnétisme. Il ajoute ensuite : « C'est pourquoi l'on prend comme définition du champ (intensité, direction, sens) dans le corps solide le champ qu'on aurait au centre d'une cavité ainsi définie ».

Contrairement à la thèse exposée ci-dessus et qui n'est pas du tout personnelle à l'auteur cité, je me propose de montrer qu'il n'y a pas de raison de considérer une cavité allongée de préférence à toute autre et que le champ à l'intérieur d'un aimant présente une infinité de valeurs. Pour parvenir à mon but, je prendrai la question sous divers aspects que je choisirai aussi différents que possible les uns des autres.

1. — Le vice du raisonnement précédent consiste à dire que les surfaces de la cavité se recouvriraient d'une couche de magnétisme *n'existant pas auparavant*. Dans l'expérience de l'aimant brisé, les pôles nord et sud ne font *qu'apparaître* sur les deux faces de la brisure. Si, auparavant, les actions de ces pôles se neutralisaient, cela ne signifie pas que ces pôles n'existaient pas. Il n'est donc pas justifié de rejeter à priori toute forme de cavité autre que celle d'une cavité allongée dans le sens de l'aimantation.

2. — Acceptons même momentanément le principe du raisonnement et montrons qu'en l'appliquant à un autre cas, on arrive à des résultats contradictoires.

Au lieu d'évaluer le champ d'un aimant au moyen des masses magnétiques fictives équivalentes, employons les courants équivalents liés à l'aimantation par les deux relations :

A l'intérieur de l'aimant

$$j = \text{rot } \mathfrak{J}; \qquad (1)$$

à la surface

$$i = [N, \mathfrak{J}]. \qquad (2)$$

(Je prends simplement les unités électromagnétiques habituelles, la question des unités n'intervenant pas dans nos raisonnements. N est une normale de longueur 1 menée vers l'intérieur de l'aimant.)

Lorsque l'on pratique une petite cavité pour y introduire un corps d'épreuve, on supprime le courant j à l'intérieur de la cavité, ce qui n'a qu'un effet négligeable sur le champ (on sait en effet que le champ à l'intérieur d'un conducteur à 3 dimensions est unique), mais l'on crée sur les parois de la cavité, en vertu de (2), des nappes de courant qui n'existaient pas auparavant et qui modifient le champ par rapport à ce qu'il était dans l'aimant intact. Pour une cavité cylindrique, de révolution autour de la direction d'aimantation, la nappe de courant de densité $\mathfrak{J}$, circule uniquement sur la paroi latérale. On rendra l'influence de la nappe négligeable en choisissant une cavité infiniment plate, d'où l'on conclura, par un raisonnement identique à celui reproduit au début, que le champ à l'intérieur de l'aimant intact est le même que dans une cavité plate normale à l'aimantation.

La contradiction est manifeste et fait ressortir le vice originel du mode de raisonnement employé dans les deux cas.

3. — Raisonnons d'une autre manière : les expériences de Gauss montrent que le champ produit par un très petit aimant de moment $\mathfrak{M}$ en un point situé à une distance r grande par rapport aux dimensions de l'aimant a comme valeur

$$\mathfrak{H}_r = \frac{2\mathfrak{M}\cos\theta}{r^3}$$

Digitized by Google

dans la direction du rayon et

$$\mathcal{H}_1 = \frac{\mathfrak{M} \sin\theta}{r^3}$$

dans une direction perpendiculaire.

(θ est l'angle des deux directions $\mathfrak{M}$ et r.)

Ces résultats expérimentaux peuvent être représentés indifféremment par l'un ou l'autre groupe de formules vectorielles

$$\mathcal{H} = -\operatorname{grad} \mathfrak{V}, \qquad \mathfrak{V} = \frac{(\mathfrak{M}, r)}{r^3},$$

et

$$\mathcal{H} = \operatorname{rot} \mathfrak{A}, \qquad \mathfrak{A} = \frac{[\mathfrak{M}, r]}{r^3}.$$

$(\mathfrak{M}, r)$ et $[\mathfrak{M}, r]$ représentent, comme d'habitude, les produits scalaire et vectoriel. Au dénominateur, r est traité comme une quantité scalaire.

Le champ à l'intérieur d'un aimant de dimensions finies pourra de même être représenté par l'un ou l'autre groupe de formules

$$\mathcal{H} = -\operatorname{grad} \mathfrak{V}, \qquad \mathfrak{V} = \int \frac{(\mathfrak{I}, r)}{r^3}\, d\tau, \tag{3}$$

et

$$\mathcal{H} = \operatorname{rot} \mathfrak{A}, \qquad \mathfrak{A} = \int \frac{[\mathfrak{I}, r]}{r^3}\, d\tau. \tag{4}$$

$\mathfrak{V}$ est le potentiel magnétique scalaire et $\mathfrak{A}$, le potentiel vecteur.

Etudions le champ en un point intérieur P.

Si l'on cherche à l'évaluer en composant les champs partiels produits en P par les divers éléments de l'aimant, on se heurte, comme l'on sait, à une difficulté provenant de ce que l'on a sous le signe d'intégration des termes en $\frac{1}{r^3}$: la valeur de l'intégrale varie suivant la manière dont on étend le champ d'intégration jusqu'au point P.

La même difficulté n'existe pas pour les potentiels $\mathfrak{V}$ et $\mathfrak{A}$ qui sont déterminés sans ambiguïté. Calculant d'abord $\mathfrak{V}$ et $\mathfrak{A}$ et appliquant ensuite les formules $\mathcal{H} = -\operatorname{grad} \mathfrak{V}$ ou $\mathcal{H} = \operatorname{rot} \mathfrak{A}$, on peut espérer tourner la difficulté et obtenir $\mathcal{H}$ sans ambiguïté. En fait, il n'en est rien : les groupes de formules (3) et (4) qui étaient équivalents à l'extérieur de l'aimant cessent de l'être à l'intérieur et conduisent pour $\mathcal{H}$ à des valeurs différentes que je distinguerai par les indices 1 et 2. En effet, en introduisant le vecteur

$$\mathfrak{X} = \int \frac{\mathfrak{I}}{r}\, d\tau,$$

nous pourrons écrire les équations (3) et (4) sous la forme

$$\mathcal{H}_1 = -\operatorname{grad} \mathfrak{V} = \operatorname{grad}\operatorname{div} \mathfrak{X},$$

$$\mathcal{H}_2 = \operatorname{rot} \mathfrak{A} = \operatorname{rot}\operatorname{rot} \mathfrak{X},$$

d'où

$$\mathcal{H}_2 - \mathcal{H}_1 = (\operatorname{rot}\operatorname{rot} - \operatorname{grad}\operatorname{div})\,\mathfrak{X} = -\Delta\mathfrak{X} = -\Delta \int \frac{\mathfrak{I}}{r}\, d\tau.$$

Or il est bien connu que $\Delta \int \frac{\mathfrak{I}}{r}\, d\tau$ est nul quand $\mathfrak{I}$ est nul (c'est-à-dire à l'extérieur de l'aimant), mais qu'il prend la valeur $-4\pi\mathfrak{I}$ aux points où $\mathfrak{I}$ n'est pas nul (Cf Maxwell, t. II, § 405) $\mathcal{H}_1$ et $\mathcal{H}_2$ sont donc bien distincts à l'intérieur de l'aimant et liés par la relation

$$\mathcal{H}_2 = \mathcal{H}_1 + 4\pi\mathfrak{I}. \tag{5}$$

$\mathcal{H}_1$ représente précisément le champ dans une cavité allongée suivant l'aimantation et $\mathcal{H}_2$ dans une cavité plate normale à l'aimantation. La considération des deux champs s'introduit aussi naturellement pour l'un que pour l'autre.

On pourrait encore prendre pour $\mathcal{H}$ une expression de la forme $-\alpha \operatorname{grad} \mathfrak{V} + (1-\alpha) \operatorname{rot} \mathfrak{A}$. La nouvelle forme est équivalente aux formes (3) et (4), quelle que soit la valeur donnée au paramètre α, pour l'extérieur de l'aimant, mais elle diffère de l'une et de l'autre de ces formes à l'intérieur et elle correspondrait (pour $0 < \alpha < 1$) à la valeur du champ dans des cavités ellipsoïdales.

L'indétermination du champ magnétique à l'intérieur d'un aimant est donc une propriété foncière correspondant, à la nature même des choses et toutes les tentatives faites pour lever l'indétermination ont pour base des hypothèses arbitraires.

4. — L'indétermination du champ à l'intérieur d'un aimant peut paraître paradoxale. Le paradoxe disparaît si, au lieu de considérer un aimant comme un corps continu, on a égard à sa structure atomique et au rôle joué par les électrons.

On considère aujourd'hui le magnétisme comme résultant du mouvement des électrons à l'intérieur des atomes Ce mouvement produit un double champ magnétique et électrique très rapidement variable dans l'espace d'un point à un autre, ainsi que très rapidement variable dans le temps par suite des faibles dimensions des électrons et de leurs vitesses considérables. Nos moyens ordinaires d'investigation ne nous permettent de déterminer que des moyennes. C'est la différence, aujourd'hui classique, entre les phénomènes microscopiques et les phénomènes macroscopiques. Et suivant nos moyens d'observation, c'est telle ou telle moyenne du champ véritable que l'expérience nous donnera. Cherchons à déterminer quelles seront ces moyennes. Je m'inspirerai pour cela d'une étude de Lehfeldt (*Philosophical Magazine*, février 1909, p. 279).

Le champ magnétique $\mathcal{H}$ et le champ électrique h d'un électron en mouvement satisfont aux relations

$$\operatorname{div} \mathcal{H} = 0, \tag{6}$$

$$\operatorname{rot} \mathcal{H} = 4\pi\left[\rho v + \frac{1}{c^2}\frac{\partial h}{\partial t}\right]. \tag{7}$$

Digitized by Google

ρ est la densité électrique et v la vitesse de l'électron.

Le système d'équations est incomplet, mais les équations non écrites nous seront inutiles pour étudier les valeurs moyenne de $\mathcal{H}$. Prenons en effet les valeurs moyennes (moyennes arithmétiques) des différents termes des équations (6) et (7) pendant la durée d'une ou plusieurs révolutions des électrons. L'équation (6) ne change pas et l'équation (7) se transforme en

$$\text{rot } \mathcal{H} = 4\pi j. \tag{8}$$

j représente la valeur moyenne, en un point fixe de l'espace, des valeurs successives prises en ce point par le courant de convection ρv. Le terme en $\frac{\partial h}{\partial t}$ a disparu, car h reprend sa valeur primitive au bout d'une période (1). Les courants j ainsi déterminés sont des courants fermés, car l'équation (8) entraîne la relation $\text{div } j = 0$.

Nous sommes ainsi ramenés au cas des courants particulaires d'Ampère, j étant différent de zéro sur l'orbite de chaque électron et nul en dehors. Commençons par définir le « moment » de chacun de ces courants particulaires. r étant le vecteur allant d'une origine arbitraire O à un élément $d\tau$ du courant, je pose (équation vectorielle)

$$\mathfrak{M} = \frac{1}{2}\int [r, j]\, d\tau. \tag{9}$$

On vérifie facilement : 1° que la grandeur et la direction du vecteur $\mathfrak{M}$ sont indépendantes de la position arbitraire donnée au point O (pour un courant I parcourant un circuit linéaire D, la projection de $\mathfrak{M}$ sur un axe quelconque serait égale au produit de I par l'aire intérieure à la projection de D sur un plan perpendiculaire) ; 2° que le potentiel vecteur du courant en un point situé à une distance R grande vis-à-vis des dimensions de la trajectoire de l'électron a pour valeur principale $[\mathfrak{M}, R]\frac{1}{R^3}$. La connaissance de $\mathfrak{M}$ suffit donc à déterminer le champ du courant particulaire sauf au voisinage immédiat de celui-ci.

Ces préliminaires posés, voici comment l'on déterminera les relations entre les valeurs microscopiques et macroscopiques du champ et de l'aimantation.

Je considérerai un premier champ moyen en un point P quelconque en prenant la valeur moyenne du champ $\mathcal{H}$ à l'intérieur d'une sphère de rayon a et ayant pour centre le point P considéré et je désignerai cette moyenne par $\mathcal{H}_2$

$$\mathcal{H}_2 = \frac{1}{\frac{4}{3}\pi a^3}\int_{\text{sphère } a} \mathcal{H}\, d\tau. \tag{10}$$

Le rayon a de la sphère doit contenir un grand nombre de distances atomiques de manière que le volume d'intégration contienne un grand nombre de courants particulaires et que la moyenne obtenue ne varie que lentement lorsqu'on déplace le point P. Cependant a doit être inférieur aux plus petites dimensions des corps utilisés dans nos expériences macroscopiques.

En outre, le rayon a sera choisi invariable quel que soit le point P. Dans ces conditions, le caractère linéaire des équations (6) et (8) entraîne pour $\mathcal{H}_2$ la condition

$$\text{div } \mathcal{H}_2 = 0. \tag{11}$$

L'intensité d'aimantation en P sera définie par

$$\frac{4}{3}\pi a^3 \mathfrak{I} = \sum_{\text{sphère } a} \mathfrak{M}. \tag{12}$$

Le Σ est étendu aux courants particulaires intérieurs à la sphère de rayon a et de centre P. Une difficulté se présente dans l'application de la formule (12) lorsque la surface de la sphère coupe un des courants particulaires. Pour lever la difficulté, en même temps que pour obtenir une formule utile, je procéderai comme suit :

Soit S une surface fermée limitant un volume linéairement connexe renfermant en entier à son intérieur un courant particulaire (fig. 1). S pourrait coïncider avec

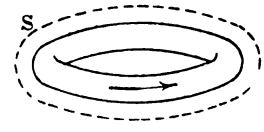


Fig. 1.

la surface du courant si celui-ci n'était pas annulaire. La condition pour S de limiter un volume connexe empêchera cette coïncidence. Sauf cela, les dimensions données à S en tous sens seront aussi réduites que possible. J'imagine des surfaces analogues S', S'' autour de tous les courants particulaires (si les orbites des électrons d'un atome s'enchevêtrent, on prendra une surface S englobant les diverses orbites). Toutes les surfaces S sont extérieures l'une à l'autre et n'enveloppent au total qu'une fraction très faible de l'espace, car leurs dimensions sont celles des atomes. Dans l'espace intermédiaire, le champ $\mathcal{H}$ des courants particulaires dérive d'un potentiel V qui est uniforme, grâce à ce que les volumes intérieurs aux surfaces S sont linéairement connexes.

(1) En réalité, tous les électrons n'ont pas la même période de révolution. Il faudrait alors décomposer le champ total en les divers champs produits par chaque électron, prendre pour chacun la moyenne pendant la période correspondante, puis additionner à nouveau les divers champs moyens.

Ou bien, encore, on prendra en bloc la moyenne pendant une durée T assez grande pour contenir un grand nombre de périodes de chaque électron. T différera très peu d'un multiple exact de chacune de ces périodes, etc. Le résultat final sera le même.

Digitized by Google

Le moment $\mathfrak{M}$ du courant ou des courants intérieurs à une surface S est donné par (9). Remplaçant j par sa valeur tirée de (8), il vient

$$4\pi\mathfrak{M} = \frac{1}{2}\int_{\text{int } S}[r, \text{rot } \mathfrak{H}]\,d\tau.$$

Transformons l'intégrale en intégrant par parties. Désignant par N un vecteur unité porté sur la normale intérieure à un élément dS de S, nous trouvons

$$4\pi\mathfrak{M} = \int_{\text{int } S}\mathfrak{H}\,d\tau + \frac{1}{2}\int_S\Big[r, [\mathfrak{H}, N]\Big]\,dS.$$

Soit K la composante tangentielle de $\mathfrak{H}$ sur la surface S. $[\mathfrak{H}, N]$ est identiquement égal à $[K, N]$. D'autre part, puisque $\mathfrak{H}$ admet un potentiel $\mathfrak{V}$ à l'extérieur des surfaces S et sur leur surface même, K est égal à — (gradient superficiel de $\mathfrak{V}$). J'appelle gradient superficiel d'une fonction sur une surface, par analogie avec le cas de l'espace, un vecteur dirigé tangentiellement à la surface dans une direction normale aux lignes équipotentielles de la surface et de grandeur $\frac{dV}{dn}$, dn étant un élément linéaire de surface normale aux lignes équipotentielles). Utilisant enfin l'identité vectorielle valable pour toute surface fermée

$$\frac{1}{2}\int_S\Big[r, [\text{grad. superf. } \mathfrak{V}, N]\Big]\,dS = \int_S \mathfrak{V}N\,dS,$$

il vient

$$4\pi\mathfrak{M} = \int_{\text{int. } S}\mathfrak{H}\,d\tau - \int\mathfrak{V}N\,dS.$$

Les calculs seraient les mêmes si le volume d'intégration était étendu de façon à comprendre plusieurs surfaces S à son intérieur. Il faudrait seulement remplacer $\mathfrak{M}$ par $\Sigma\mathfrak{M}$ au premier membre de l'équation. Enfin, pour étendre *conventionnellement* la formule à un champ d'intégration quelconque dont la limite peut couper la surface S, il suffit de prolonger la fonction V d'une façon continue à l'intérieur des surfaces S. C'est ainsi que nous arrivons à définir conventionnellement le moment d'une partie de courant particulaire. Il y a bien un certain arbitraire dans la fixation du prolongement de la fonction V à l'intérieur des surfaces S, mais comme les volumes intérieurs à ces surfaces sont très faibles vis-à-vis de l'espace interatomique et que les valeurs de $\mathfrak{V}$ sont bien déterminées sur les surfaces S, l'imprécision qui peut en résulter sur $\Sigma\mathfrak{M}$ est absolument négligeable. Prenant alors comme volume d'intégration une sphère de rayon a, nous obtenons

$$4\pi\mathfrak{I} = \frac{1}{\frac{4}{3}\pi a^3}\Sigma 4\pi\mathfrak{M} = \frac{1}{\frac{4}{3}\pi a^3}\left\{\int_{\text{sphère}}\mathfrak{H}\,d\tau - \int_{\text{sphère}}\mathfrak{V}N\,dS\right\}$$

$$= \mathfrak{H}_2 + \frac{1}{\frac{4}{3}\pi a^3}\int_{\text{sphère}}\text{grad } \mathfrak{V}\,d\tau,$$

ou

$$4\pi\mathfrak{I} = \mathfrak{H}_2 - \mathfrak{H}_1, \qquad (13)$$

en posant

$$\mathfrak{H}_1 = \frac{-1}{\frac{4}{3}\pi a^3}\int_{\text{sphère}}\text{grad } \mathfrak{V}\,d\tau. \qquad (14)$$

Le vecteur $\mathfrak{H}_1$ défini par l'équation (14) dérive dans tout l'espace d'un potentiel égal à la moyenne des valeurs de $\mathfrak{V}$ à l'intérieur d'une sphère de rayon a. $\mathfrak{H}_1$ satisfait donc à la relation

$$\text{rot } \mathfrak{H}_1 = 0. \qquad (15)$$

Le groupe d'équation (11), (13), (15) est identique au groupe bien connu concernant les aimants

$$\text{div } \mathfrak{B} = 0, \quad \mathfrak{B} = \mathfrak{H} + 4\pi\mathfrak{I}, \quad \text{rot } \mathfrak{H} = 0. \qquad (16)$$

Les vecteurs $\mathfrak{H}_1$ et $\mathfrak{H}_2$ sont ainsi identifiés avec ceux désignés habituellement sous le nom de champ et d'induction et ces deux grandeurs se trouvent ainsi définies sans qu'il ait été nécessaire d'introduire la considération de cavités pratiquées à l'intérieur du corps (1).

Or il saute aux yeux que, seules, les définitions données pour $\mathfrak{I}$ et pour $\mathfrak{H}_2$ sont naturelles et que celle de $\mathfrak{H}_1$ est artificielle. $\mathfrak{H}_1$ est la moyenne du vecteur — grand $\mathfrak{V}$, vecteur qui est bien égal à $\mathfrak{H}$ dans l'espace interatomique (dont le volume l'emporte beaucoup sur celui des atomes), mais qui en diffère totalement à l'intérieur des surfaces S. La définition de $\mathfrak{H}_1$ a été imaginée dans le but de retrouver le vecteur désigné habituellement sous le nom de « champ ». Ce n'est donc que par une pure convention que la dénomination de « champ » a été réservée au vecteur $\mathfrak{H}$ des équations (16), alors que les considérations qui précèdent montrent que cette dénomination conviendrait mieux au vecteur $\mathfrak{B}$ qui, d'après son identité avec $\mathfrak{H}_2$, représente bel et bien un champ de force.

Il nous reste encore à montrer comment les expériences permettent d'atteindre les grandeurs $\mathfrak{H}_2$ et $\mathfrak{H}_1$ et de les mesurer.

L'expérience permet de mesurer des flux. Or d'après la définition même de $\mathfrak{H}_2$ [équations (10) et (11)], le flux du vecteur $\mathfrak{H}_2$ à travers un contour fermé $\mathcal{C}$ est la moyenne des valeurs du flux du vecteur $\mathfrak{H}$ à variation rapide à travers des contours identiques à $\mathcal{C}$ et différant de $\mathcal{C}$ par une translation d'amplitude au plus égale à a. Vu la petitesse supposée de a, la différence est négli-

(1) On peut montrer par un calcul direct que $\mathfrak{H}_2$ et $\mathfrak{H}_1$ représentent encore, dans la théorie électronique, les champs dans des cavités cylindriques plates ou allongées. Je ne reproduirai pas la démonstration qui est assez longue et ne présente pas un intérêt direct pour le but que je me propose dans cette note.

Digitized by Google

geable (1) et le flux mesuré correspond au vecteur $\mathcal{H}_2$.

Occupons-nous de $\mathcal{H}_1$ et, pour plus de généralité, supposons qu'il y ait, en plus des courants particulaires, des courants ordinaires. Soit $\mathcal{H}_c$ le champ de ces courants, qui est unique et qui satisfait à la relation

$$\int_L (\mathcal{H}_c, \mathrm{d}s) = 4\pi\Sigma I,$$

le terme ΣI ne se rapportant qu'aux courants ordinaires. D'autre part, l'équation (15) permet d'écrire

$$\int_L (\mathcal{H}_1, \mathrm{d}s) = 0,$$

d'où par combinaison avec la relation précédente

$$\int_L (\mathcal{H}_c, \mathrm{d}s + \mathcal{H}_1, \mathrm{d}s) = 4\pi\Sigma I.$$

Cette équation donne une relation entre les valeurs du champ total $\mathcal{H}_c + \mathcal{H}_1$ à l'intérieur et à l'extérieur des aimants et permet d'effectuer des évaluations du champ interne $\mathcal{H}_c + \mathcal{H}_1$.

Conclusions. — Le champ à l'intérieur d'un aimant présente une infinité de déterminations. Le vecteur $\mathfrak{B}$, désigné sous le nom d'induction, représente une des déterminations du champ aussi bien que le vecteur $\mathcal{H}$ et ce vecteur $\mathfrak{B}$ mériterait le qualificatif de « champ » tout aussi bien, et même mieux d'après la théorie électronique ou des courants particulaires, que le vecteur $\mathcal{H}$ à qui ce nom est réservé.

A. LIÉNARD.

Sur le champ et l'induction magnétiques et les unités électriques

Dans cette note, présentée au Congrès de Montpellier de l'Association française pour l'Avancement des Sciences, l'auteur, s'appuyant sur les théories de P. Duhem, montre que, contrairement aux conclusions de notes précédentes, le champ et l'induction magnétiques peuvent être considérés comme étant de même nature.

La présente note a pour but de répondre à la première question mise à l'ordre du jour de la cinquième section. Les formules fondamentales du magnétisme nous montreront, tout d'abord, que le champ et l'induction magnétiques sont de même nature, donc ont mêmes dimensions dans tout système d'unités et que, en conséquence, la perméabilité est toujours un nombre abstrait. Nous serons ainsi amenés à revenir sur la relation célèbre entre la perméabilité du vide, son pouvoir inducteur spécifique et la vitesse de la lumière, ainsi que sur la théorie des unités électriques.

Soient $\mathfrak{A}$, $\mathfrak{B}$, $\mathfrak{C}$ les composantes de l'intensité d'aimantation $\mathfrak{I}$ en un point P (ξ, η, ζ) d'un milieu aimanté; r, la distance de P à un autre point M (x, y, z); en définissant le potentiel d'un système de masses ponctuelles m par l'expression $\Sigma \frac{m}{r}$, le potentiel magnétique en M est

$$\mathfrak{V} = \int \left(\mathfrak{A} \frac{\partial \frac{1}{r}}{\partial \xi} + \mathfrak{B} \frac{\partial \frac{1}{r}}{\partial \eta} + \mathfrak{C} \frac{\partial \frac{1}{r}}{\partial \zeta} \right) \mathrm{d}\varpi,$$

l'intégration s'étendant à tout le milieu aimanté; ce ce qui s'écrit encore

$$\mathfrak{V} = \int \frac{e(\xi, \eta, \zeta)}{r} \mathrm{d}\varpi + \int \frac{\sigma(\xi, \eta, \zeta)}{r} \mathrm{d}S,$$

les fonctions

$$e(x, y, z) = -\left(\frac{\partial \mathfrak{A}}{\partial x} + \frac{\partial \mathfrak{B}}{\partial y} + \frac{\partial \mathfrak{C}}{\partial z} \right),$$

$$\sigma(x, y, z) = -(\mathfrak{A}\alpha + \mathfrak{B}\beta + \mathfrak{C}\gamma),$$

étant les densités cubique et superficielle de la distribution fictive équivalente de l'aimantation du système; α, β, γ, les cosinus directeurs de la normale intérieure en un point de la surface S d'un des corps continus du système et la seconde intégrale étant étendue à toutes les surfaces S.

Il en résulte qu'on a, en tout point du milieu aimanté qui ne se trouve pas sur une surface de discontinuité,

$$(1) \qquad \Delta\mathfrak{V} = 4\pi \left(\frac{\partial \mathfrak{A}}{\partial x} + \frac{\partial \mathfrak{B}}{\partial y} + \frac{\partial \mathfrak{C}}{\partial z} \right).$$

Soit, d'autre part, ε' la constante fondamentale des actions magnétiques, c'est-à-dire le coefficient de la loi de Coulomb des actions magnétiques qu'on observerait dans un milieu impolarisable; le champ magnétique $\mathcal{H}$ en M est, par définition, le vecteur ayant pour composante

$$(2) \qquad (\mathfrak{X}, \mathfrak{Y}, \mathfrak{Z}) = -\varepsilon' \frac{\partial \mathfrak{V}}{\partial (x, y, z)}.$$

Rappelons à ce propos une vérité souvent méconnue: les formules (2) ont un sens, que le point M (x, y, z) soit extérieur ou intérieur au milieu aimanté; elles repré-

(1) On démontre même que la différence est identiquement nulle lorsque le contour C reste sur toute sa longueur à une distance supérieure à a des masses aimantées.

Digitized by Google

sentent, dans les deux cas, la force exercée sur l'unité de masse magnétique concentrée en M par la distribution fictive équivalente de l'aimantation. Mais, la force exercée par le milieu aimanté ne coïncide avec celle $\mathcal{H}$ exercée par la distribution fictive, que si le point M est extérieur au milieu aimanté ; si M est intérieur au milieu, on reconnaît, en effet, que la force exercée par le milieu aimanté est indéterminée. Autrement dit, la notion de force exercée par un aimant sur une masse magnétique ponctuelle placée en son intérieur n'a pas de sens.

Cette proposition étant rappelée, si l'on pose

$$(3)\qquad (\mathcal{B}_x, \mathcal{B}_y, \mathcal{B}_z) = (\mathcal{X}, \mathcal{Y}, \mathcal{Z}) + 4\pi\varepsilon' (\mathfrak{A}, \mathfrak{B}, \mathfrak{C}),$$

on voit que l'équation (1) s'écrit, d'après (2),

$$\frac{\partial \mathcal{B}_x}{\partial x} + \frac{\partial \mathcal{B}_y}{\partial y} + \frac{\partial \mathcal{B}_z}{\partial z} = 0.$$

Le vecteur $\mathfrak{B}$, de composantes $\mathcal{B}_x, \mathcal{B}_y, \mathcal{B}_z$ définies par (3) et dont la divergence est nulle en tout point de l'espace, s'appelle l'induction magnétique au point M ; les formules (3) sont équivalentes à l'égalité vectorielle

$$(3')\qquad \mathfrak{B} = \mathcal{H} + 4\pi\varepsilon'\mathfrak{I} ;$$

elles expriment que l'induction $\mathfrak{B}$ est la résultante du champ $\mathcal{H}$ et du vecteur $4\pi\varepsilon'\mathfrak{I}$. Dans le cas particulier d'un milieu parfaitement doux isotrope, on a

$$(\mathfrak{A}, \mathfrak{B}, \mathfrak{C}) = \varkappa (\mathcal{X}, \mathcal{Y}, \mathcal{Z}), \quad \text{ou} \quad \mathfrak{I} = \varkappa \mathcal{H},$$

$\varkappa$ étant la susceptibilité magnétique ; de sorte que l'équation (3') s'écrit alors $\mathfrak{B} = \mu\mathcal{H}$,

$$(4)\qquad \mu = 1 + 4\pi\varepsilon'\varkappa$$

désignant la perméabilité magnétique. Les formules ci-dessus, établies en laissant les unités arbitraires, montrent que, dans tout système d'unités, $\mathfrak{B}$ et $\mathcal{H}$ sont deux grandeurs additives de même nature, donc ayant toujours mêmes dimensions, et μ un nombre abstrait. Les formules correspondantes de l'électrostatique conduiraient à des conclusions analogues relativement au champ et à l'induction électriques et au pouvoir inducteur spécifique K.

Mais alors, si K et μ sont des nombres abstraits, comment leur produit $K_0\mu_0$ relatif au vide peut-il, conformément à l'opinion courante, être égal à l'inverse $\frac{1}{v^2}$ du carré de la vitesse de la lumière dans le vide ? La contradiction tient à ce qu'on omet généralement, dans cette égalité, deux constantes essentielles ; la constante fondamentale des actions électrostatiques ε et la constante fondamentale des actions électrodynamiques $\frac{\mathfrak{A}^2}{2}$. La relation exacte entre K_0, μ_0, v, que nous ne pouvons songer à établir ici faute de place, mais qu'on trouvera bientôt démontrée ailleurs (1), est en effet

$$(5)\qquad \frac{\varepsilon}{\frac{\mathfrak{A}^2}{2} K_0\mu_0} = v^2.$$

Comme elle diffère de celle couramment indiquée et qu'elle joue un rôle capital dans la théorie des unités électriques, nous sommes conduits à revenir à cette théorie.

Il y a, en électricité et en magnétisme, trois constantes fondamentales : celle, ε, des actions électrostatiques ; celle, ε', des actions magnétiques et celle, $\frac{\mathfrak{A}^2}{2}$, des actions électrodynamiques, liées par la relation (5). Cette relation étant indépendante de ε', le plus simple est de définir une fois pour toutes les unités magnétiques en faisant $\varepsilon' = 1$ dans la loi de Coulomb des actions magnétiques $F = \varepsilon' \frac{mm'}{r^2}$, qui fait connaître la force de répulsion qu'on observe entre deux masses plongées dans un milieu impolarisable. Si, par exemple, les unités fondamentales de longueur, de masse et de temps sont les unités C. G. S., nous aurons ainsi défini les unités magnétiques C. G. S.

Les unités magnétiques étant ainsi établies, il y a deux façons simples de déduire les unités électriques : soit en donnant une valeur numérique arbitraire à ε, d'où il résultera, d'après (5), une valeur déterminée pour $\frac{\mathfrak{A}^2}{2}$, soit en procédant de la façon inverse. Nous aurons défini, dans le premier cas, le système électrostatique ; dans le second, le système électromagnétique, ou électrodynamique, suivant la valeur numérique particulière attribuée à $\frac{\mathfrak{A}^2}{2}$.

Or, on sait (2) que la force de répulsion qu'on observe entre deux conducteurs plongés dans le vide, portant des charges q, q' et situés à une distance r très grande par rapport à leurs dimensions est

$$(6)\qquad F = \frac{\varepsilon}{K_0} \frac{qq'}{r^2}.$$

Le système électrostatique définit donc l'unité de quantité d'électricité en faisant dans (6) $\frac{\varepsilon}{K_0} = 1$; on en déduit les autres unités électriques d'intensité, de potentiel, de capacité, de résistance, etc., par des formules usuelles. Les actions électromagnétiques et électrodynamiques se calculeront ensuite au moyen des formules générales de l'électromagnétisme et de l'électrodynamique et à l'aide des unités magnétiques et électrostatiques ci-dessus définies ; mais, d'après (5),

(1) L. Roy. *L'Electrodynamique des milieux isotropes en repos d'après Helmholtz et Duhem* (Opuscule de la collection Scientia, à l'impression chez Gauthier-Villars).

(2) P. Duhem. *Leçons sur l'électricité et le magnétisme*, t. II et L. Roy, *loc. cit.*, n° 9.

Digitized by Google

la constante $\frac{\mathfrak{A}^2}{2}$ devra y recevoir la valeur $\frac{1}{\mu_0 v^2}$. Comme, d'ailleurs, on ne mesure que des rapports de perméabilités, on peut, sans risquer de contradiction expérimentale, poser $\mu_0 = 1$, ce qui revient à admettre que le vide n'est pas magnétique. Le système électrostatique est ainsi caractérisé par les valeurs

$$\frac{\varepsilon}{K_0} = 1, \quad \varepsilon' = 1, \quad \frac{\mathfrak{A}^2}{2} = \frac{1}{v^2},$$

des trois constantes fondamentales.

Inversement, le système électromagnétique est défini par les valeurs

$$\frac{\mathfrak{A}^2}{2} = 1, \quad \varepsilon' = 1, \quad \frac{\varepsilon}{K_0} = v^2,$$

des trois constantes fondamentales, et le système électrodynamique par les valeurs

$$\mathfrak{A}^2 = 1, \quad \varepsilon' = 1, \quad \frac{\varepsilon}{K_0} = \frac{v^2}{2},$$

de ces mêmes constantes. On comprend ainsi pourquoi les unités électrodynamiques ne diffèrent des unités électromagnétiques que par un coefficient purement numérique. On voit, en outre, que les unités magnétiques sont *les mêmes* dans les trois systèmes, ce qui tient, comme nous l'avons vu, à ce fait que ces unités sont définies antérieurement à toute unité électrique. En particulier, le gauss est l'unité C. G. S. de champ et d'induction magnétiques; cette unité n'est ni électrostatique, ni électromagnétique ou électrodynamique; elle est C. G. S. tout court.

Les propositions précédentes diffèrent trop de celles couramment enseignées et nous ne pouvons nous dispenser d'expliqur rapidement les raisons de cette discordance.

La plupart des auteurs écrivent les lois de Coulomb dans le vide sous la forme

$$F = \frac{1}{K_0}\frac{qq'}{r^2}, \qquad F = \frac{1}{\mu_0}\frac{mm'}{r^2}.$$

La première équivaut à faire $\varepsilon = 1$ dans (6); la seconde est une transposition par analogie de la première, mais illégitime, car l'analogie entre l'électrostatique et le magnétisme ne va pas jusqu'à permettre d'exprimer les actions magnétiques par la même formule globale que les actions électriques (1). D'autre part, ces mêmes auteurs égalent à l'unité le coefficient $\frac{\mathfrak{A}}{\sqrt{2}}\sqrt{\varepsilon'}$ de la loi de Laplace dans tout système d'unités; cette façon de procéder, jointe aux deux formules ci-dessus, les conduit à la relation $\frac{1}{K_0\mu_0} = v^2$, qui remplace la nôtre (5). En définitive, ces formules reviennent à égaler à l'unité chacune des trois constantes fondamentales $\varepsilon, \varepsilon', \frac{\mathfrak{A}^2}{2}$ et cela dans tout système d'unités.

Les contradictions résultant de tels procédés ne tardent pas à se manifester; par exemple, dans le système électrostatique, où K_0 devient égal à 1 par définition, μ_0 devient égal à $\frac{1}{v_2}$, donc cesse d'être un nombre abstrait, résultat en contradiction avec l'égalité (4), qui a fait croire à certains que cette égalité (4) n'est vraie que dans le système électromagnétique. De même, la formule correcte $\frac{\mathfrak{A}}{\sqrt{2}} I = \sqrt{\varepsilon'}\,\mathfrak{M}$, qui exprime l'une des conditions d'équivalence d'un courant I et d'un feuillet magnétique de puissance $\mathfrak{M}$, deviendrait $I = \mathfrak{M}$ dans tout système d'unités; ce qui revient à dire qu'une masse magnétique serait *toujours* le produit d'une quantité d'électricité par une vitesse.

Louis Roy,
Professeur de Mécanique rationnelle et appliquée à la Faculté des Sciences de Toulouse.

Revues, analyses et informations

La physique de la lampe à trois électrodes (1).

L'application généralisée de la lampe à trois électrodes constitue le progrès le plus important dans l'art des communications radiotélégraphiques, tant au point de vue émission qu'au point de vue réception. Le principe de la lampe repose sur l'émission d'électrons par des corps chauds; les principales recherches entreprises sur cette émission concernent les effets de la nature du métal et de sa température sur le nombre d'électrons émis par seconde et sur les vitesses auxquelles ils sont émis.

On a constaté que les électrons émis par tout métal pur à une température donnée, en sortent avec toutes les vitesses possibles entre zéro et une valeur très élevée — probablement infinie — et que les nombres relatifs aux diverses vitesses sont répartis suivant la loi des probabilités de Maxwell, avec une vitesse moyenne qui est proportionnelle à la température absolue du métal. En d'autres termes, les nombres relatifs aux diverses vitesses sont les mêmes que s'il s'agissait d'un gaz idéal. On avait d'abord pensé que ces vitesses sont les mêmes que si les électrons étaient des molécules d'un gaz idéal *à la température du métal*, mais des recherches récentes ont montré que leur énergie cinétique moyenne est environ deux fois plus grande, comme si elle correspondait au double environ de la température du métal. L'auteur donne une table qui permet de se rendre

(1) K.-T. Compton. *Journal of the Franklin Institute*, juillet 1922, t. CXCIV, p. 29-48, 5500 mots, 9 fig.

(1) P. Duhem et L. Roy. *loc. cit.*

Digitized by Google

compte de la distribution des vitesses parmi les électrons émis; les vitesses y sont exprimées en fonction du nombre équivalent de volts V, par la relation

$$\frac{1}{2} mv^2 = \frac{eV^2}{300}.$$

La distribution des vitesses est semblable à celle qui a lieu dans les molécules de vapeur obtenues par évaporation à la surface d'un liquide. Il s'ensuit que l'émission thermoionique constitue réellement une évaporation d'électrons à la surface du métal chaud.

La « fonction travail » Φ. — Nous avons vu qu'il y a, à l'intérieur du métal, des électrons dont les vitesses sont réparties comme s'ils constituaient les molécules d'un gaz idéal. Ceux qui frappent la surface s'échapperont si leur énergie cinétique est supérieure au travail qu'ils doivent faire pour vaincre les forces qui les retiennent à la surface. Ces forces comprennent l'attraction exercée sur l'électron par la charge positive induite à la surface, et le travail total exercé contre ces forces constitue la « chaleur d'évaporation » des électrons. Ce travail est souvent appelé « fonction travail » et s'écrit $e\Phi$; dans cette expression, Φ est la différence de potentiel équivalente et e, la charge d'un électron. Les propriétés thermoioniques du métal semblent être entièrement déterminées par la température T et la fonction travail ou « chaleur latente d'évaporation d'un électron » Φ. Pour obtenir des courants thermoioniques intenses, il est nécessaire d'employer une substance avec une faible valeur de Φ et avec un point de fusion assez élevé pour permettre son emploi à de hautes températures.

En partant de l'équation

$$i = AT^2 e^{-\frac{e\Phi}{kT}}$$

où A est une constante, on peut tracer une droite dont la pente donne la valeur de la fonction de travail Φ.

Puisque la fonction Φ est de la même nature qu'une chaleur d'évaporation, on peut prévoir que le métal sera refroidi par son émission thermoionique, de même qu'un liquide est refroidi par évaporation. Ce fait, vérifié par Richardson et Cooke peut servir dans une seconde méthode pour mesurer Φ.

Une troisième méthode de mesure consiste à considérer Φ comme une « chaleur de condensation », c'est à-dire qu'il doit se créer de la chaleur dans un métal, quand les électrons traversent sa surface. Cooke et Richardson ont encore vérifié cette élévation de température sur une bande métallique mince formant un des bras d'un pont de Wheatstone, quand des électrons, venant d'un filament chaud voisin, traversaient sa surface.

Exprimée en volts équivalents, l'énergie cinétique moyenne d'une molécule de gaz est 0,13 v, à 1000° absolus; 1,3 v à 10 000° absolus et 6,5 v à 50 000° absolus. Les températures ordinaires suffisent à empêcher les électrons de s'échapper des métaux.

Il est désirable que, dans une lampe à trois électrodes, l'émission thermoionique du filament soit élevée, homogène en ce qui concerne la distribution des vitesses, soit obtenue avec une dépense minimum d'énergie et soit absolument constante malgré les conditions extérieures. On obtient de forts courants avec une large surface émettrice, une température élevée et une petite valeur de Φ. Le tungstène est donc supérieur au platine, car il possède à la fois une faible valeur de Φ et un point de fusion élevé. L'homogénéité des vitesses nécessite de basses températures qui, à leur tour, entraînent la nécessité d'une substance ayant une faible valeur de Φ.

Effet de la charge d'espace. — Bien que l'équation

$$i = AT^2 e^{-\frac{e\Phi}{kT}}$$

donne la quantité totale d'électricité émise par une surface métallique, le courant thermoionique réel est souvent inférieur au chiffre obtenu, parce que certains des électrons émis retournent au métal émetteur, étant refoulés en arrière par la répulsion d'autres électrons qui ont été émis immédiatement avant eux. La région entourant le métal émetteur contient des électrons et a ainsi une « charge d'espace » qui tend à empêcher l'émission d'électrons additionnels. D'autre part, un champ électrique peut être appliqué pour favoriser la fuite des électrons émis. Le courant, par suite, se règle à une valeur telle que l'effet d'accélération du champ électrique appliqué est juste compensé par l'effet retardateur de la charge d'espace, de sorte que le champ électrique résultant juste à l'extérieur de la surface du métal est nul.

En fait, par suite de leur vitesse initiale, les électrons peuvent s'échapper malgré un faible champ antagoniste, de sorte que le courant est réellement un peu plus grand que celui qui donnerait exactement l'équilibre suggéré ci-dessus. La surface émettrice est entourée d'une région de champ antagoniste qui devient nul sur une surface de potentiel minimum en un certain point extérieur au métal. Là le champ change de direction et devient un champ accélérateur dans l'intervalle restant vers l'anode.

La figure 1 montre l'effet de la charge d'espace quand on

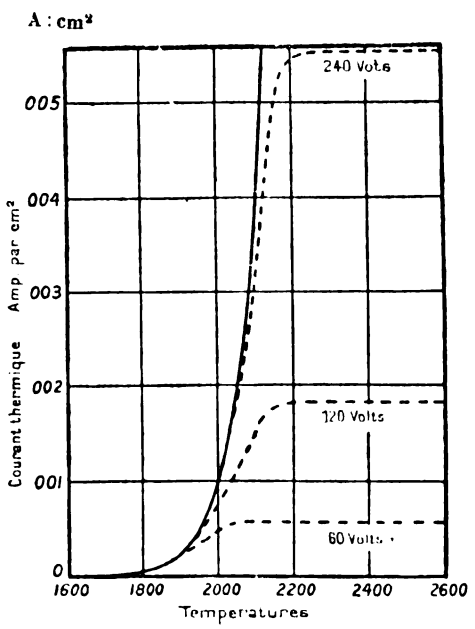


Fig. 1.

limite le courant thermoionique. La courbe en trait continu donne le courant maximum possible pour chaque température et satisfait à l'équation donnée ci-dessus. Pour obtenir de tels courants, il faut employer un champ électrique

Digitized by Google

accélérateur suffisamment grand pour détruire complètement l'effet de la charge d'espace. L'effet de champs accélérateurs plus petits est indiqué par les courbes en pointillé, qui donnent les résultats expérimentaux pour 60, 120 et 240 v respectivement.

Les atmosphères d'électrons. — Une des conséquences de l'émission thermoionique est l'existence d'une atmosphère d'électrons à la surface de chaque métal et qui s'étend à une certaine distance de cette surface avec une densité décroissante. On peut imaginer la cause de cette atmosphère de la manière suivante : les électrons à l'intérieur du métal atteignent continuellement sa surface avec une énergie cinétique suffisante pour les transporter à une plus ou moins grande distance à l'extérieur, contre les forces attractives (donnant naissance à la fonction travail) qui tendent à les ramener à l'intérieur du métal. Quelques-uns réussissent à s'échapper. Les autres sont ramenés à l'intérieur du métal, après une courte période de liberté. Ainsi, à toute distance de la surface, il y a un certain nombre moyen d'électrons par volume unité — ou densité d'électrons — qui reste constant, quoique les électrons particuliers dans ce groupe changent continuellement. Aux températures plus élevées, cette atmosphère d'électrons est plus grande et s'étend plus loin de la surface par suite de la plus grande énergie cinétique des électrons. Les électrons de cette atmosphère entrent en collision et se comportent comme les molécules d'un gaz dans un champ de force.

Cette force d'attraction en arrière vers le métal peut provenir de la combinaison de plusieurs causes mais, à moins que l'atmosphère ne soit très dense, la principale cause est probablement l'attraction due à la charge positive égale induite par chaque électron qui s'échappe sur la surface du métal.

Evidemment l'atmosphère d'électrons est très rare à des distances appréciables du métal, et pour les températures ordinaires. Mais l'existence de cette atmosphère est prouvée par les températures plus élevées et il n'y a pas de raison de mettre en doute leur existence à des températures plus basses, avec, bien entendu, une densité plus faible et une extension moins grande en dehors de la surface.

L'auteur a obtenu dans son laboratoire une preuve convaincante de l'existence de l'atmosphère d'électrons aux hautes températures. Un fil incandescent de tungstène fut placé près d'une bande de tungstène et parallèlement à celle-ci. La dilatation thermique des conducteurs fut cause que le fil se rapprocha lentement de la bande. L'ampèremètre en série avec une batterie et l'intervalle entre fil et bande enregistra le courant thermoionique normal, jusqu'à ce que le rapprochement fut très marqué ; à ce moment le courant commença à augmenter rapidement. Avant qu'un contact réel fut établi, le courant thermoionique avait atteint plusieurs fois sa valeur normale. Ceci doit être dû à un rapprochement à l'intérieur de la région où l'atmosphère d'électrons autour du filament subit une augmentation notable de densité.

Une « valve » ou soupape électrique est un dispositif qui permet le passage d'un courant électrique dans un seul sens. Il est évident que toute combinaison de deux conducteurs voisins qui ne sont pas en contact, et dont l'un est entouré par une atmosphère d'électrons, tandis que l'autre ne l'est pas, constitue une valve électrique. Les électrons peuvent passer de façon continue dans un sens, mais non dans le sens opposé. Un métal froid et un métal chaud constituent une telle combinaison ; plus le second métal est chaud, plus grande est la capacité de transport du courant de la valve ; plus le premier métal est froid, plus parfait est le redressement. L'auteur se demande si l'action des redresseurs à cristaux ne serait pas due à quelque particularité de distribution des atmosphères d'électrons autour de la surface des cristaux.

L'auteur passe ensuite à l'étude de la lampe à trois électrodes. Après avoir établi les relations qui lient la tension et le courant thermoionique, il montre que ces relations ne sont applicables que quand les électrodes sont dans un vide si élevé que les effets des collisions d'électrons avec les molécules de gaz sont négligeables. Quand il existe une certaine quantité de gaz, même des plus minimes, les résultats sont tout différents. Aux faibles tensions, les courants thermoioniques sont considérablement réduits par la présence de gaz ; c'est qu'en effet les électrons émis par le filament ont des chances d'entrer en collision et, par suite, s'échapperont moins vite de la région de charge d'espace négative autour du tube, que si le gaz n'existait pas. Si le gaz est polyatomique, les électrons partent pratiquement du repos après chaque collision, tandis que, si le gaz est monoatomique, les électrons rebondissent élastiquement. L'effet du gaz est donc d'augmenter la charge négative d'espace autour du filament et, par suite, de réduire le courant thermoionique. Cette diminution est plus grande dans les gaz monoatomiques que dans les gaz polyatomiques, puisque le trajet en zig-zag d'un électron dans un gaz monoatomique le fait rester plus longtemps dans le voisinage immédiat du filament.

Si la tension est assez élevée pour que les électrons ionisent les molécules du gaz, la situation est tout à fait différente. Les ions positifs du gaz qui sont attirés vers le filament centralisent plus ou moins la charge d'espace négative autour du filament et permettent ainsi la fuite d'un plus grand nombre d'électrons, dont certains produisent des ions positifs additionnels, et ainsi de suite. Chaque ion positif neutralise la charge d'espace d'un grand nombre d'électrons, puisqu'il reste plus longtemps dans la région de la charge d'espace, à cause de sa masse plus grande et de son mouvement, par suite, moins rapide. Si la quantité d'ionisation dans le gaz est suffisante pour permettre, par neutralisation de la charge d'espace négative, la fuite d'un certain nombre d'électrons équivalente à celle qui résulterait de l'émission maximum (ou de saturation) caractéristique de la température du filament, alors la charge d'espace résultante devient moins négative ; il en résulte que la distribution de potentiel entre les électrodes change, de façon à donner une plus grande fraction de la chute entière de potentiel dans le voisinage immédiat du filament. Ceci favorise une nouvelle ionisation, de sorte que la charge d'espace devient positive et que le courant total devient égal au courant thermoionique saturation caractéristique de la température du filament, plus un faible courant additionnel dû aux ions du gaz.

L'auteur termine en donnant les courbes courant-tension, qui correspondent à ces différents stages, pour le cas d'un tube rempli d'hélium à diverses pressions. — G. M.

Digitized by Google

SECTION INDUSTRIELLE

Sur les erreurs de connexions des compteurs triphasés à haute tension

Le récent article de M. Scoumanne sur la vérification des compteurs à haute tension a remis à l'ordre du jour cette question délicate. L'auteur présente quelques notes personnelles sur le même sujet, mais, alors que l'étude que nous rappelons était appliquée aux compteurs dont les deux bobines de « tension » ont un point commun, celle-ci examine le cas des compteurs à 8 fils, c'est-à-dire ceux dont les bobines « tension » sont complètement indépendantes. Les cas qui sont ainsi à examiner se ramènent, d'ailleurs, à un petit nombre au moyen de quelques considérations très simples.

La présente note n'a pas la prétention de venir compléter l'étude très intéressante et très approfondie que M. Scoumanne a fait paraître récemment dans cette revue.

Cependant, nous ne croyons pas inutile de donner ici quelques indications d'ordre pratique relatives, plus particulièrement, au cas où le compteur comporte quatre bornes distinctes pour les bobines « tension », lesquelles sont alimentées, non plus par un transformateur triphasé, mais par deux transformateurs monophasés. Le montage est alors celui de la figure 1.

Tout d'abord, nous écarterons, comme l'a fait M. Scoumanne, l'hypothèse de confusion entre les circuits « tension » et « intensité » (1). A ce point de vue, la section des fils employés nous renseignera suffisamment. Il est, en effet, d'usage d'employer de fortes sections pour les circuits « intensité » afin d'éviter une augmentation de la résistance du secondaire des transformateurs de courant et, par suite, l'erreur qui en résulterait.

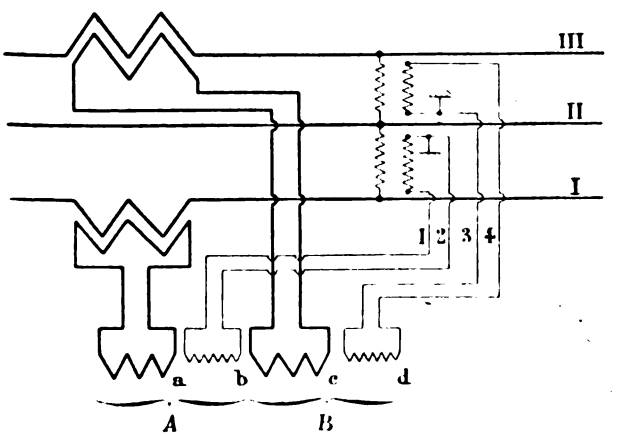


Fig. 1. — Schéma de montage d'un compteur à haute tension, à huit fils.

Dans ces conditions, il existe vingt-quatre permutations pour les connexions aux bornes « intensité » et vingt-quatre pour les connexions aux bornes « tension »; ce qui donnerait en tout 576 manières de connecter un compteur triphasé, sur lesquelles un très petit nombre correspond à la marche normale du compteur.

Nous allons voir qu'on peut réduire ce nombre de 576 à un beaucoup plus faible par l'artifice suivant :

1° *S'il s'agit d'un montage*, nous grouperons, dans une même tube, dans une même gaine, ou dans une même région du tableau, les quatre fils correspondant à un même élément wattmétrique du compteur, par conséquent reliés à un transformateur d'intensité et au transformateur de potentiel relatif à la même phase. On peut même utiliser pour chacun de ces deux groupes de quatre fils un guipage de couleur différente rappelant la couleur de la phase correspondante.

2° *S'il s'agit d'une vérification faite après montage*, nous effectuerons cette division en deux groupes en repérant les fils un à un.

Cette opération doit être facilement réalisable et l'on doit prévoir le montage des postes d'abonnés de manière à ce qu'elle soit aisée.

Une telle vérification des extrémités des fils de connexions ne constitue pas une garantie du montage exact du compteur, car, d'une part, il subsiste l'éventualité d'une inversion des connexions intérieures des transformateurs (cas se produisant assez fréquemment comme le fait fort justement remarquer M. Scoumanne); et, d'autre part, si l'on ne possède pas le schéma avec bornes repérées, donné par le constructeur, on peut ignorer les sens d'enroulement des bobines du compteur.

En résumé, nous supposerons donc dans tout ce qui

(1) Nous utiliserons dans cette étude, bien qu'elles ne soient pas absolument rigoureuses, ces appellations : circuit ou connexion « intensité » ou tension » très employées dans la pratique.

41 *l*

Digitized by Google

suit que les bornes de chacun des deux transformateurs correspondant à un même élément wattmétrique sont bien reliées au même élément.

Remarquons, en passant, qu'il n'est pas indifférent de relier l'un ou l'autre des éléments du compteur à un système de transformateur. Certains constructeurs repèrent sur leurs compteurs l'élément qui doit être l'élément prépondérant (c'est-à-dire celui où le courant est en avance sur la tension composée), l'expérience leur ayant fait constater un écart dans l'étalonnage, suivant qu'on respecte ou non cette correspondance. Cependant, à défaut d'indications spéciales, il faut bien s'affranchir de cette considération.

Il nous reste donc, pour les connexions des circuits « tension », les seules permutations suivantes pour les fils supposés numérotés de 1 à 4 :

1	2	3	4
2	1	3	4
1	2	4	3
2	1	4	3

De même pour les circuits « intensité »

1′	2′	3′	4′
2′	1′	3′	4′
1′	2′	4′	3′
2′	1′	4′	3′

En supposant que les connexions normales (celles du schéma fourni par le constructeur) soient

α) 1 2 3 4 avec 1′ 2′ 3′ 4′,

on aura encore un fonctionnement normal pour les connexions

β) 2 1 3 4 avec 2′ 1′ 3′ 4′

γ) 1 2 4 3 id 1′ 2′ 4′ 3′

δ) 2 1 4 3 id 2′ 1′ 4′ 3′,

c'est-à-dire qu'on passe d'un montage exact à un autre en inversant les deux bobines d'un même élément. En effet, cette opération, d'une part, ne modifie pas le couple dû à cet élément; d'autre part, n'a aucune influence sur l'autre, car, dans les compteurs triphasés, l'indépendance magnétique des deux éléments est une condition essentielle.

Nous pouvons en déduire qu'un fonctionnement défectueux sera obtenu dans l'un des cas suivants :

1° Une bobine série est inversée;

2° Deux bobines série sont inversées.

On obtient donc un montage erroné en inversant, dans une des combinaisons α, β, γ, δ,

Soit une bobine série,

Soit une bobine tension,

Soient deux bobines série.

Nous allons examiner successivement comment on reconnaît ces trois erreurs de montage. L'opération sera différente selon que l'on connaît ou non le déphasage du courant sur la tension.

I. **Cas où le cos φ est connu.** — 1° *Une bobine série est inversée :* le compteur peut tourner à l'envers, mais il peut aussi tourner à l'endroit. S'il tourne à l'envers, l'erreur est manifeste; s'il tourne à l'endroit, l'erreur ne peut être mise en évidence qu'au moyen d'un essai par déconnexions et par la connaissance du cos φ, par exemple pendant le fonctionnement à vide du transformateur.

Avec le transformateur à vide ou avec un cos φ inférieur à 0,5, la déconnexion d'un des équipages, A par exemple, doit accélérer la marche en avant, tandis que la déconnexion de l'autre équipage B doit donner la marche arrière.

S'il n'en est pas ainsi, on inversera les connexions « intensité » ou les connexions « tension » de l'équipage qui, seul, donne *la plus faible vitesse de rotation* et on obtiendra ainsi le fonctionnement normal.

Si, à vide, le compteur tourne à l'envers et que la déconnexion des deux éléments successivement donne la rotation inverse, on inversera les connexions « intensité » ou les connexions « tension » de l'équipage qui, seul, donne *la plus grande vitesse* de rotation.

2° *Deux bobines série sont inversées.* — Si le compteur tourne à l'envers à vide et en charge, inverser les connexions de chacune des bobines série ou de chacune des bobines de tension et vérifier par l'essai à vide comme il est dit ci-dessus.

Erreurs dans les connexions intérieures des transformateurs. — Supposons que le montage ait été reconnu, par le repérage à l'aide d'une sonnerie, conforme au schéma du constructeur et que la marche du compteur soit anormale. On reconnaîtra qu'il y a une inversion dans un transformateur à l'essai par déconnexions à vide comme il est indiqué plus haut.

Une inversion dans un transformateur de potentiel se reconnaîtra plus rapidement encore si l'on a eu soin, comme il est habituel de le faire, de mettre à la terre les bornes secondaires correspondant aux deux bornes primaires reliées à la même phase (fig. 1). Dans ces conditions, en désignant par E la tension secondaire des transformateurs de tension, on lira au voltmètre, si les connexions sont correctes,

entre	a et b,	E
id	b et c,	o
id	c et d,	E
id	a et d,	E.

En effet, entre a et b (ou c), on a la tension E_1'; entre c (ou b) et d, on a E'_2. On a donc entre a et d (fig. 2)

$$\overline{E_1'^2} + \overline{E_2'^2} = E.$$

Au contraire, si les connexions d'un des transforma-

Digitized by Google

leurs sont inversées (par exemple celles du premier), on aura entre a et b

$$-E_1^2$$

et entre a et d (fig. 3)

$$-\overline{E_1^2} + \overline{E_2^3} = E\sqrt{3},$$

Si, par exemple, la tension secondaire est 100 v, on lira entre a et d, en cas d'inversion, 173 v environ.

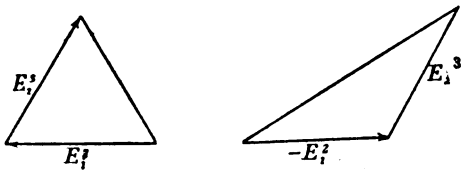


Fig. 2. — Diagramme des tensions dans le cas de connexions correctes au transformateur. — Fig. 3. Diagramme des tensions dans le cas de connexions incorrectes au transformateur.

(Pratiquement, on constatera souvent un écart par excès assez notable avec ce nombre dû à la présence d'harmoniques d'ordre 3).

II. **Cas où le cos φ n'est pas connu.** — Nous avons admis, dans ce qui précède, qu'on avait des données certaines sur la valeur du cos φ de l'abonné.

Tous ceux qui ont eu affaire à des compteurs d'abonnés savent qu'il n'en est pas toujours ainsi. Bien mieux, dans certaines industries, comme celles du bois, où de gros moteurs marchent souvent à vide, il arrive que le cos φ varie continuellement autour de 0,5 qui est notre valeur critique. Il y a donc lieu de chercher un critère donnant, quel que soit le cos φ, le sens de rotation correspondant à chacun des éléments wattmétriques du compteur.

Tout d'abord, rappelons que l'élément prépondérant doit toujours donner la rotation en avant. Considérons le diagramme des courants et des tensions (fig. 4) en supposant l'égalité des tensions, des intensités et des déphasages dans les trois phases.

L'élément prépondérant est, dans le cas de cette figure, celui qui correspond à la phase III, c'est l'élément B de la figure 1 ; son couple est proportionnel à

$$(1) \quad I_3 \times E_3^2 \times \cos(30° - \varphi) = IE \cos(30° - \varphi).$$

Pour reconnaître le sens des connexions dans l'autre élément, remarquons que le produit géométrique des deux vecteurs I_1 et E^2_3 est égal à

$$(2) \quad EI \cos(90° + \varphi).$$

Comme pratiquement φ est compris entre 0 et 90°, on voit que les deux expressions (1) et (2) seront toujours de signes contraires quel que soit φ.

D'autre part, le produit géométrique des deux vecteurs I_3 et E^2_1 est égal à

$$(3) \quad IE \cos(90° - \varphi).$$

Donc (3) et (1) seront toujours de même signe que

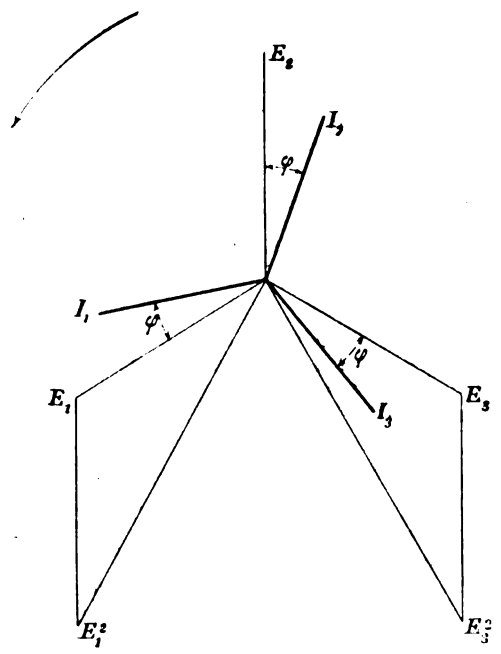


Fig. 4. — Diagramme des tensions et des intensités dans un compteur triphasé à huit fils.

que soit φ. Supposons maintenant que les connexions soient exactes et faisons les deux essais suivants :

Premier essai. — Appliquons E_3^2 au lieu de E_1^2 à l'élément A : celui-ci devra, seul, donner une rotation en arrière.

Deuxième essai. — Appliquons E^2_1 au lieu de E^2_3 à l'élément B : celui-ci devra, seul, donner une rotation en avant.

En effectuant le premier essai nous reconnaissons le sens des connexions pour que les fils E^2_3 correspondent aux bornes E_1^2.

En effectuant l'autre essai, nous obtiendrons le même résultat pour les fils E_1^2 et les bornes E^3_2.

Comme nous connaissons la correspondance entre les fils et les bornes relatifs à E^2_3 (essai de l'élément prépondérant), nous en déduisons la correspondance entre les fils et les bornes relatives à E_1^2.

D'où la règle pratique pour effectuer ou vérifier le montage :

1° Ayant vérifié que l'élément prépondérant B donne la rotation en avant, marquons E et S les deux bornes tension de cet élément, et désignons par les mêmes

Digitized by Google

lettres les fils correspondants. Puis, débranchons les fils « tension » de l'élément A et branchons à leur place les fils de l'élément B (que nous venons de marquer E et S) de telle façon que l'élément A, seul, donne la rotation en arrière. Appelons E la borne qui reçoit le fil E et S celle qui reçoit le fil S.

2° Branchons alors les fils « tension » de l'élément A aux bornes tension de l'élément B, de manière que cet élément donne la rotation en avant. Appelons E le fil qui vient à la borne E; S, celui qui vient à la borne S.

Le montage correct est alors obtenu en rebranchant chaque paire de fils à l'élément correspondant, les fils E venant aux bornes E et les fils S aux bornes S.

(Remarquons que, dans le premier essai, la rotation arrière peut être réalisée, si besoin est, par inversion des fils intensité, au lieu des fils tension.)

Conclusion. — Nous pensons avoir montré que le nombre de montages erronés des compteurs à huit fils, bien que théoriquement plus grand que celui des compteurs à sept fils, se ramène pratiquement à un très petit nombre moyennant quelques précautions simples. Ce petit nombre de faux montages peuvent être, enfin, facilement décelés et rectifiés par quelques essais simples, même si l'on n'a aucune donnée sur la valeur du cos φ de l'installation.

M. DAVAL,
Ingénieur E. S. E.

La téléphonie multiple par lampes à trois électrodes

Dans cette note, reproduction d'une communication faite au récent Congrès de Montpellier de l'Association française pour l'Avancement des Sciences, l'auteur, après avoir rappelé les essais antérieurs des multicommunications télégraphiques et téléphoniques, indique un dispositif permettant la réalisation de ces multicommunications.

Je rappelais au Congrès de Rouen de l'an dernier, que les expériences de multicommunications télégraphiques et téléphoniques par ondes électriques dont j'ai posé les principes dès 1899 (1), donnèrent alors lieu aux premières réalisations expérimentales effectuées à Bordeaux, de 1895 à 1899, et cela, au moyen du résonateur à coupure (1) muni de détecteurs et par l'emploi des champs interférents.

J'indiquais que les données de ces expériences d'il y a vingt-cinq ans, qui malgré leur réussite sur une ligne de 170 m de longueur ne retinrent pas suffisamment l'attention des télégraphistes français, sont, à l'heure actuelle et depuis plusieurs années déjà d'application courante, dans la technique de la téléphonie multiple aux Etats-Unis, ainsi que j'ai pu m'en convaincre de visu au cours d'un récent voyage en Amérique.

Je signalais, enfin, qu'il est aisé, en utilisant les lampes à trois électrodes comme détecteur, de réaliser l'intercommunication télégraphique et téléphonique (2).

Voici le schéma (fig. 1) d'un mode d'utilisation de la lampe audion comme détecteur et comme émetteur, apte à résoudre également le problème en mettant en somme en œuvre les mêmes principes expérimentaux

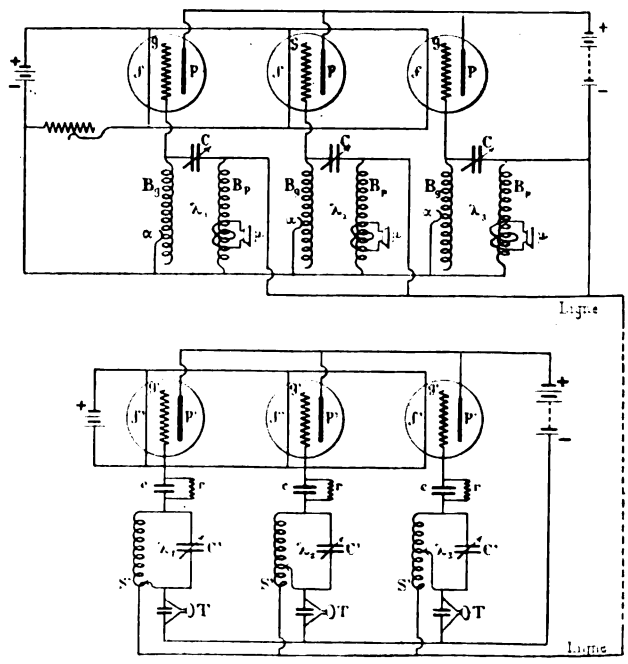


Fig. 1. — Schéma d'un dispositif permettant les multicommunications télégraphiques et téléphoniques.

que j'ai établis dès 1899 (1) que j'ai repris et dont j'ai étendu les applications télégraphiques de 1900 à 1902 (2).

(1) Sur la multicommunication généralisée en télégraphie; A. TURPAIN. Congrès de Rouen de l'A. F. A. S., Rouen, 1921, et *Revue générale de l'Electricité*, 24 septembre 1921, t. x, p. 394.

(2) L'intérêt du résonateur à coupure, que j'imaginais alors, fut souligné par P. DUHEM : *Société des Sciences physiques et naturelles de Bordeaux*, 20 janvier 1898, t. I, p. 64. Voir également *Ibid*, p. 270, et aussi Mémoires de la même société, 1899, 5e série, t. v, p. 157 à 170 et 240 à 248.

(1) *Mémoires de la Société des Sciences physiques et naturelles de Bordeaux*, 1899, 5e série, t. v, premier cahier, p. 240 à 246.

(2) *Les Applications pratiques des ondes électriques*, par A. TURPAIN; C. Naud, Paris, 1902, chapitre IV, p. 156 à 194.

Digitized by Google

Dans ce schéma, f, f, f ; g, g, g ; p, p, p ; sont les trois filaments, les trois grilles et les trois plaques de trois lampes audion fonctionnant en générateurs d'ondes.

Des microphones μ, μ, μ, agissent, soit aux bornes de quelques spires couplées assez serrées avec la bobine de plaque B_p, B_p, B_p, soit même, purement et simplement, en dérivation sur quelques spires de B_p, B_p, B_p. On peut encore faire agir le microphone sur le circuit grille ou le disposer en série avec quelques éléments de piles dans le primaire du premier transformateur d'un amplificateur basse fréquence à un ou plusieurs étages d'amplification, avant la mise en action sur le circuit grille.

B_g, B_g, B_g, sont des self-inductances variables du circuit grille, convenablement enroulées par rapport à l'enroulement des bobines B_p, B_p, B_p ; C, C, C, sont des capacités variables. Les bobines B_g, B_g, B_g, sont couplées avec B_p, B_p, B_p, soit par induction de chaque bobine de plaque sur la bobine de grille, soit par la capacité variable C entre grille et plaque, soit enfin à la fois par capacité et par induction. Les prises α, α, α, sur les bobines de grille B^g, B_g, B_g, sont enfin variables. On peut ainsi produire sur la ligne L une succession d'ondes électriques de longueur nettement différentes λ_1, λ_2, λ_3, qui transporteront les modulations de conversations diverses. En l'espèce trois diapasons de tonalités différentes, entretenus électriquement, furent disposés en face des embouchures des trois microphones.

A la réception, trois lampes audions de filaments f', f', f', de grilles g', g', g', de plaques p' p', p', fonctionnent comme détectrices. Des capacités c, c, c, en dérivation sur des résistances r, r, r, de l'ordre de plusieurs mégohms permettent, à la manière usuelle, en utilisant la courbure de la caractéristique de grille, d'ajuster, par la variation convenablement combinée de capacités variables C', C'. C', et de self-inductions également variables S', S', S', des circuits en résonance avec les longueurs d'ondes λ_1, λ_2, λ_3, et de les faire respectivement agir sur des téléphones récepteurs T. T. T.(1).

On peut ainsi parfaitement conduire simultanément trois modulations téléphoniques sur un même fil et les dissocier, à l'arrivée, et les diriger respectivement sur chacun des téléphones récepteurs T, T, T.

Les conditions d'entretien des circuits émetteurs $B_g C B_p$ doivent être telles que

$$M \geq \frac{1}{k}(L_p + Cr_i R),$$

de manière à ce que le courant plaque oscille du coude supérieur au coude inférieur de la caractéristique de plaque, M, étant le coefficient d'induction mutuelle en henrys des deux bobines B_p, B_g ; L_p, le coefficient de self-induction en henrys de la bobine de plaque ; C, la capacité en farads du circuit oscillant ; r_i, la résistance interne de lampe, en ohms, entre f et p ; R, la résistance apparente, en ohms, du circuit oscillant.

Il apparaît également qu'il y a intérêt à construire d'une manière *particulière* les lampes audion émettrices, de façon à produire, comme d'ailleurs *dans les expériences de 1899*, avec le résonateur à coupure et les champs interférents, des ondes *très courtes*, de *quelques mètres à peine*. C'est à l'obtention de ces conditions optima que nous consacrons actuellement nos efforts.

En terminant, je soulignerai que le merveilleux outil que constitue la lampe de Fleming et de Lee de Forest, basée sur l'effet Edison, — dispositif qui fournit enfin à la radiocommunication des procédés d'une souplesse et d'une constance remarquables, — solutionne à merveille le problème de la téléphonie multiple. Cependant, ce problème demeure, ainsi qu'il se présentait au début de mes études de 1898, un problème de production et de séparation d'ondes électriques de très courtes longueurs.

A ce propos, j'insiste sur ce que les progrès pratiques de la télécommunication hertzienne *avec fil* réclament l'emploi d'ondes électriques de quelques mètres seulement de longueur d'onde, à l'exclusion des grandes longueurs d'onde. Non seulement l'utilisation des ondes électriques *avec fil* se prêtera d'une manière extrêmement souple aux communications téléphoniques extra-urbaines, mais encore elle est susceptible de résoudre, le plus élégamment possible, la question de l'intercommunication des abonnés d'une même ville, par des dispositifs automatiques n'empruntant l'aide d'aucun organe mécanique.

L'usage de petites longueurs d'ondes, de l'ordre de quelques mètres, permet en effet la constitution de gammes extrêmement variées que des dispositifs peu encombrants et assez simples réalisent et cela d'un bout à l'autre desdites gammes des ondes électriques.

On conçoit, dès lors, que chaque abonné possédant un *récepteur unique* sélectif d'une seule et unique longueur d'onde électrique, mais pouvant émettre sur l'une quelconque de toutes les *autres* longueurs d'ondes électriques du réseau (lequel est le siège d'autant de longueurs d'ondes différentes, *toutes courtes*, qu'il y a d'abonnés), il lui soit possible, — sans la suggestion d'un opérateur intermédiaire, — de se faire entendre du correspondant qu'il recherche et que celui-ci, s'il le désire, réponde *ou non* à la conversation demandée.

A. TURPAIN,
Professeur à la Faculté des Sciences de Poitiers.

et aussi *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences*, 26 décembre 1898, 14 mai 1900 ; *Société française de Physique*, 21 avril 1900 ; *Journal de Physique*, août 1900 ; *Revue scientifique* (revue rose), 3 mars 1900.

(1) Les téléphones récepteurs T, T, T, peuvent également être disposés aux bornes de transformateurs appropriés.

Digitized by Google

Revues, analyses et informations

La fin des travaux d'électrification des chemins de fer rhétiques (1).

L'administration des chemins de fer rhétiques a équipé, en 1918 et 1919, les lignes de Bevers à Filisur et Thusis et de Filisur à Davos. En 1920, le prix du charbon à Landquart étant monté à 242 fr la tonne soit 6,5 fois le prix d'avant-guerre, on décida de poursuivre l'électrification de toutes les lignes du réseau. Ce travail se résume comme suit :

Lignes	Longueur km	Date de l'exploitation électrique.
Lignes d'Engadine	62,08	1913
Bevers-Filisur	31,24	30 avril 1919
Filisur-Thusis	23,17	15 octobre 1919
Filisur-Davos	21,94	29 déc. 1919
Davos-Klosters	14,69	1er déc. 1919
Thusis-Coire-Landquart	41,18	1er août 1921
Landquart-Klosters	39,64	7 novemb. 1921
Reichenau-Disentis	49,39	1er juin 1922
Total des lignes électrifiées	277,0	

Installations de production d'énergie. — Au début de l'électrification, le réseau était alimenté par le poste de transformation de Bevers qui appartenait alors aux Forces motrices du Brusio. Il contenait deux groupes de 1 300 kv-a transformant le courant triphasé 50 p : s, 25 000 v en courant monophasé 16,6 p : s, 11 000 v. Ces groupes étaient formés d'un moteur asynchrone, d'un alternateur et aussi d'une dynamo à courant continu reliée à une batterie et faisant volant d'énergie. En février 1921, le trafic s'étant augmenté et comprenant dix trains sur les lignes principales et huit trains sur les lignes secondaires, cette installation devint insuffisante, les chutes de tension atteignant 30 pour 100 malgré la section de la ligne (85 mm² pour le fil de travail et 50 mm² pour les feeders). Actuellement, la consommation annuelle d'énergie atteint 9 millions de kilowatts-heure et, si l'on voulait assurer le trafic de 1913, il en faudrait 17 millions. Dès 1919, l'administration des chemins de fer rhétiques traitait avec les Bündner Krafwerke de Coire pour la fourniture de l'énergie nécessaire à la ligne Küblis-Klosters-Davos-Filisur et à la ligne Küblis-Landquart-Reichenau et avec les Rhätische Werke fur Elektrizität de Thusis pour les lignes Bevers-Filisur-Bonaduz et Reichenau-Disentis. En résumé, les trois points d'alimentation sont à Bevers, Thusis et Küblis.

La centrale de Küblis, qui fournit l'énergie au chemin de fer depuis septembre 1921, comporte à cet effet deux groupes formés d'une turbine Francis de 2 300 ch et un alternateur Brown-Boveri de 2 000 kv-a à 500 t : mn, 16,6 p : s et 11 000 v. Elle travaille directement en parallèle avec le poste de Bevers qui fournit néanmoins du courant à fréquence variable. Un régulateur à maximum d'intensité intercale automatiquement, en cas de court-circuit, une résistance dans le circuit d'excitation des alternateurs, ce qui diminue le courant de court-circuit. La centrale de Küblis fournit l'énergie au chemin de fer depuis novembre 1921. Elle utilise les eaux de la Schamila rassemblées dans un bassin d'accumulation diurne de 30 000 m³, la chute nette étant de 330 m et le canal d'amenée ayant 3 200 m de longueur. Le groupe alimentant le chemin de fer est formé d'une turbine Pelton de 4 000 ch à 500 t : mn de la maison Bell et Cie et d'un alterteur monophasé de 2 400 kv-a des ateliers de Sécheron. En outre, un groupe convertisseur Siemens-Schuckert reçoit du courant triphasé et fournit du courant monophasé à fréquence variable de 15 à 18 p : s.

Pour le cas où aucun train montant ne pourrait récupérer l'énergie renvoyée dans la ligne par les trains descendant des pentes en freinage électrique, on a installé sur les turbines des régulateurs centrifuges qui ferment les vannes principales et permettent d'absorber par freinage une puissance de 500 kw. En outre, un groupe moteur-générateur, constamment branché sur la ligne, permet, en marchant en générateur asynchrone, de renvoyer dans le réseau triphasé qui l'alimente normalement une partie de l'énergie récupérée sur la ligne monophasée ; la variation de vitesse est d'ailleurs très faible dans ce cas.

Installations de distribution du courant a la ligne. — Deux postes de coupure sont installés à Filisur et à Reichenau pour permettre à chacune des centrales de marcher indépendamment des deux autres. Toutefois la fermeture d'un seul de ces postes permet, au besoin, la marche en parallèle des trois centrales. La longueur des zones neutres est calculée de manière que deux locomotives accouplées ne puissent former un pont entre les deux sections alimentées par des centrales distinctes. On a prévu, pour chaque centrale d'alimentation, un dispositif permettant d'éviter, en cas de rupture du feeder de marche en parallèle de deux centrales, que les trains ne puissent produire un pont entre ces deux centrales travaillant alors à des fréquences différentes. Un feeder de 50 mm² sert à l'alimentation du fil de travail dont la section est de 85 mm². Ce feeder est porté par les mêmes supports, sauf dans certains raccourcis.

Ligne de contact. — La ligne de contact est portée par des poteaux en bois encastrés dans des massifs de fondation en béton. Ces massifs ont été prévus pour pouvoir être utilisés sans changement lorsqu'on sera amené à remplacer les poteaux en bois par des poteaux métalliques. Les consoles et les ferrures supportant les isolateurs ont été galvanisées à chaud, ce qui leur assure une durée plus grande et a permis d'éviter un long travail de peinture. Les isolateurs sont du type diabolo ou accordéon avec ou sans tête, et en verre ils peuvent résister à 60 000 v. Le point faible est le scellement pour lequel on a essayé divers procédés.

La protection contre les surtensions est assurée par des postes installés tous les 7 km en moyenne. Ces postes comportent des parafoudres à cornes reliés à des résistances placées dans des cuves en tôle, soit métalliques, soit liquides : ces dernières sont plus économiques, mais exigent plus d'entretien. Sur la ligne Landquart-Klosters et Reichenau-Disentis, on se sert de résistances métalliques dans l'huile.

Pour la ligne Reichenau-Disentis, on a adopté un système de consoles particulièrement économique ; les consoles et l'anti-balançant forment une sorte de Z en tube à gaz dont deux des extrémités sont fixées directement au câble porteur et au fil de travail tandis que les deux extrémités opposées sont fixées au poteau par l'intermédiaire d'isolateurs accor-

(1) W. Durler. *Schweizerische Bauzeitung*, 8 et 15 avril, 20 et 27 mai et 3 juin 1922, t. LXXIX, p. 180-183, 194-198, 249-254, 267-269, 279-281, 17 500 mots, 28 fig., 1 tab.

Digitized by Google

déon. Tout le système est donc sous tension. On a pu, d'ailleurs, utiliser le même modèle d'isolateur que celui qui est employé pour supporter le câble caténaire dans le cas des consoles rigides. Les figures 1 et 2 montrent les dispositions adoptées soit en alignement soit dans les courbes intérieures ou extérieures.

La portée normale est de 60 m en alignement et dans les courbes de rayon supérieur à 950 m. Elle descend à 35 m dans les courbes de 500 à 400 m et à 17, 5 m, dans les courbes de 100 m de rayon.

Autant que possible, on a installé les poteaux à l'extérieur des courbes afin de faire travailler les consoles à la traction

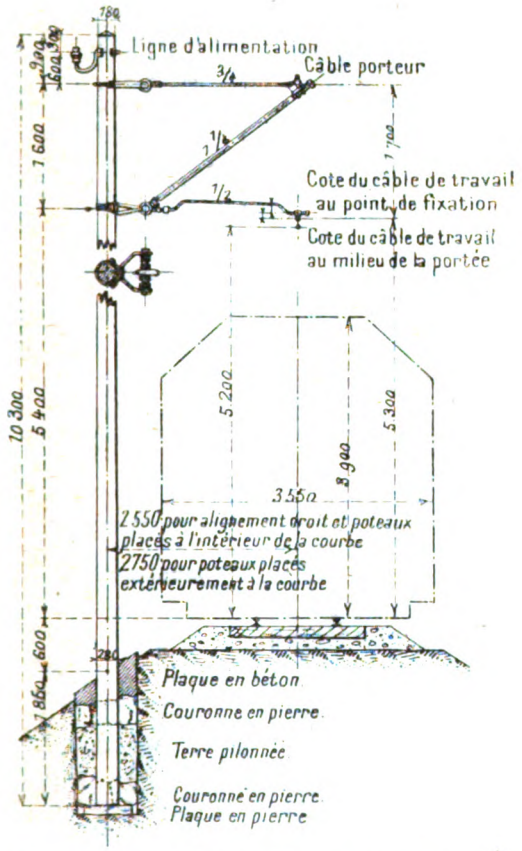


Fig. 1. — Profil de la ligne de contact en alignement et dans les courbes.

exclusivement. Toutefois, pour les courbes rentrantes de moins de 300 m de rayon, il a fallu adopter un système différent que la figure 2 ci contre décrit suffisamment. Le câble porteur a une section de 50 mm²; il comporte 7 brins d'acier galvanisé à chaud de 2,7 mm de diamètre. Le fil de travail est en cuivre rainuré de 85 mm². La caténaire se comporte parfaitement aux plus grandes vitesses qui ne dépassent d'ailleurs pas 45 km : h.

Locomotives électriques. — Le tableau suivant donne les caractéristiques principales des locomotives électriques employées sur les chemins de fer rhétiques. Les numéros 1 à 5 étaient destinés primitivement aux chemins de fer de l'Engadine, mais ont été employés, par la suite, sur l'ensemble du réseau. Elles ont été décrites antérieurement (13 mai 1906). La locomotive 1 D 1 de 1918 a été construite par les Ateliers Brown, Boveri et Cie. Elle est munie d'une transmission par triangle articulé, cette transmission ayant été reconnue préférable à la transmission par bielle inclinée. Les moteurs Déri ont été munis de connexions résistantes constituées par des rubans de métal de haute résistivité enrobés dans une matière isolante; cette disposition a l'avantage d'éviter l'échauffement exagéré de l'enroulement qui se produisait lorsque l'enroulement résistant était logé dans les mêmes encoches que l'enroulement principal. Ces moteurs sont à collecteur unique, tandis que les précédents moteurs Déri étaient à 2 collecteurs.

La locomotive CC livrée en 1921 est destinée aux lignes de montagnes de l'Albula et de Landquart à Davos dont les

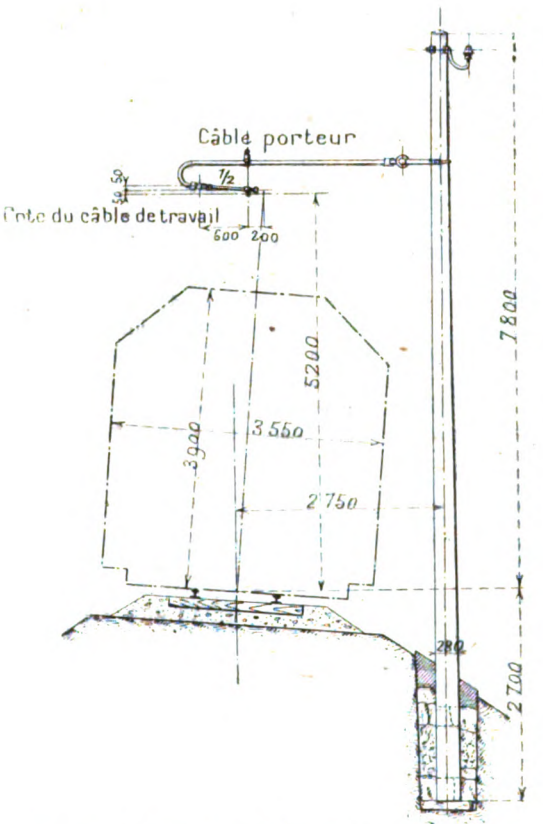


Fig. 2. — Profil de la ligne de contact dans les courbes intérieures de moins de 300 m de rayon.

longues rampes exigent une puissance plus grande que les autres lignes.

On a d'ailleurs préféré, par raison d'économie d'exploitation, posséder des locomotives plus puissantes, plutôt que de faire de la double traction avec des locomotives moins puissantes. La rampe de l'Albula a 21 km de longueur à 35 pour 1000 et les trains sont chargés à 200 tonnes. D'autre part, la vitesse doit pouvoir atteindre 30 km : h. Le poids par essieu étant limité à 11 tonnes, on a dû prévoir des locomotives à 6 essieux moteurs avec une puissance de 1 250 ch sur la rampe. Les caractéristiques principales de cette locomotive (fig. 3) sont les suivantes : voie, 1 m; rampe maximum, 45 mm : m; vitesse maximum, 45 km : h; tension maximum d'alimentation, 11 500 v; tension minimum d'alimentation, 8 500 v; fréquence du courant, 15 à 18 p : s; hauteur du fil de travail au-dessus du rail, 4 100 à 6 400 mm;

Digitized by Google

Caractéristiques des locomotives électriques des chemins de fer rhétiques.

N° D'ORDRE	ANNÉE DE LIVRAISON	NOMBRE D'UNITÉS	TYPE	POIDS			NOMBRE ET PUISSANCE DES MOTEURS	TYPE DES MOTEURS	POIDS DES MOTEURS
				PARTIE MÉCANIQUE	PARTIE ÉLECTRIQUE	POIDS TOTAL			
1	1912-13	7	1 B 1	18 900	17 810	36 710	1 × 300 ch. 1 × 210	Répulsion BBC-Déri	9 200
2	1913	1	1 D 1	26 760	28 470	55 230	2 × 300 2 × 210	Répulsion BBC-Déri	9 200
3	1912-13	2	1 D 1	27 840	21 700	49 540	2 × 300 2 × 200	Série Oerlikon	4 300
4	1914	3	1 D 1	30 400	25 870	56 270	2 × 400 2 × 270	Série Oerlikon	5 200
5	1913	1	1 D 1	30 800	25 580	55 380	2 × 300	Série AEG démarrant en répulsion	4 955
6	1918	1	1 D 1	28 460	59 400	57 860	2 × 400 2 × 250	Répulsion Déri à connexions résistantes	10 250
7	1921-22	7	CC	38 400	27 750	66 150	2 × 600 2 × 500	Série BBC à connexions résistantes	5 750

largeur du pantographe, 1 340 mm ; longueur totale de la locomotive, 13 300 mm ; largeur maximum, 2 700 mm ; diamètre des roues motrices, 1 070 mm ; poids de la partie mécanique, chasse neige non compris, 37 950 kg ; poids de la partie électrique, 27 750 kg ; poids total y compris sable et personnel, 66 150 kg ; rayon minimum : en pleine voie, 100 m ; dans les aiguillages, 80 m ; poids linéique du rail, 23,5 à 27 kg : m.

Le programme des essais comportait les vitesses suivantes pour les rampes et les poids remorqués indiqués ci-dessous :

Rampe	Poids remorqué	Vitesse de marche
45 mm	150 t.	30 km : h.
35 »	200	30
20	250	31
10	250	36
0	250	45

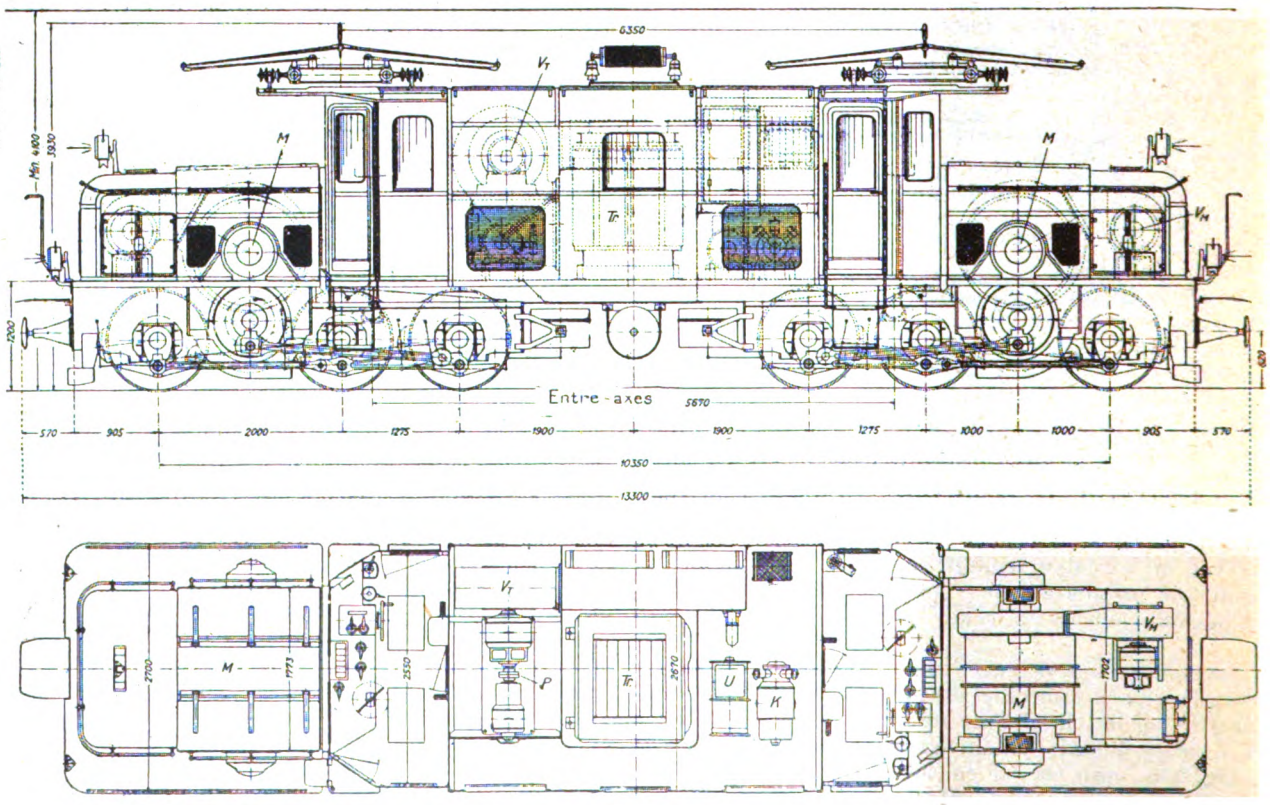


Fig. 3. — Elévation et plan d'une locomotive CC de 1 200 ch des chemins de fer rhétiques.

Digitized by Google

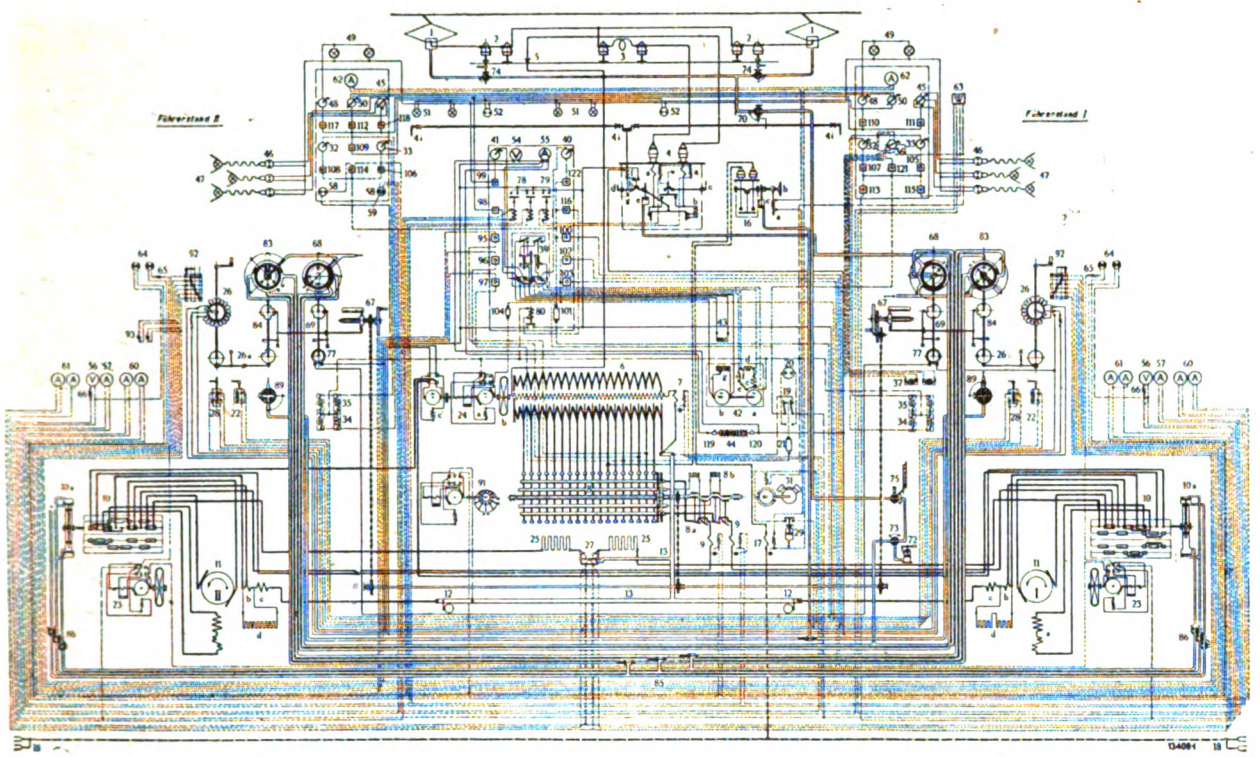


Fig. 4. — Schéma de montage de la locomotive CC de 1 200 ch des chemins de fer rhétiques.

Circuit à haute tension : 1, pantographe; 2, sectionneurs; 3, bobines de réactance; 4, interrupteur principal : a) transformateur d'intensité pour relais à maximum de courant; b) résistance de réglage; d) commande à main; e) commande pneumatique; f) bobine de déclanchement; g) cliquet de déclanchement; h) contacteur de déclanchement; i) déclanchement de secours à main; c) commande à main de l'interrupteur de terre; 5, entrée de poste à haute tension; 6, transformateur; 7, transformateur d'intensité pour courant principal; 8, interrupteur réducteur à plots : a) interrupteur d'étincelle; b) résistance d'amortissement; 9, transformateur d'intensité; 10, inverseur avec : a) commande pneumatique; 11, moteur de traction : a) enroulement d'excitation; b) pôles auxiliaires; c) enroulement de compensation; d) shunt des pôles auxiliaires; 12, cercle de mise à la terre; 13, barre de mise à la terre. — *Circuit de chauffage :* 16, interrupteur du circuit de chauffage; 17, transformateur du circuit de chauffage; 18, accouplement du circuit de chauffage. — *Circuits auxiliaires :* 19 et 20, inverseur et prise de courant pour garage dans les dépôts; 21, coupe-circuit principal; 22, interrupteur tournant des ventilateurs; 23, résistance de freinage; 24 : a) et b) moteur ventilateur du transformateur; c), génératrice à courant continu pour l'excitation des moteurs de traction pendant le freinage; 25, résistance de freinage; 26, régulateur pour l'excitation de la génératrice 24 c, avec : a) lampe indicatrice; 27, shunt pour l'ampèremètre mesurant le courant de freinage; 28, inverseur rotatif du compresseur; 29, appareil de mise en marche du compresseur; 30, moteur compresseur; 34, chaufferette; 35, radiateur de la cabine de manœuvre; 37, réchauffage d'huile. — *Moteur generateur :* 39, appareil de démarrage automatique; 40, interrupteur du moteur; 41, interrupteur de la génératrice; 42 a et b, moteur-générateur; 43, résistance d'éclairage; 44, batterie d'accumulateurs. — *Circuit d'eclairage :* 45, interrupteur à plots et 46, coupe-circuit des lanternes de locomotive; 47 et 48, interrupteur des lampes de cabine; 49 et 50, interrupteurs pour lampes d'intérieur; 51 et 52, coupe-circuits pour lampe mobile. — *Instruments de mesure :* 54, voltmètre et 55, ampèremètre de batterie; 56, voltmètre et 57, ampèremètre de courant de traction; 58, wattmètre; 59, interrupteur de mise en court-circuit; 60, ampèremètre du courant des moteurs de traction; 61, ampèremètre pour courant de freinage; 62, ampèremètre du circuit de chauffage; 63, ampèreheuremètre; 64, lampe témoin du moteur de ventilateur 23; 65, résistance de la lampe; 66, résistance de protection du voltmètre 56. — *Commande pneumatique des pantographes :* 67, commande à main de l'interrupteur-réducteur; 68, robinet de pantographe; 69, verrouillage; 70, robinet de vidange de sécurité; 72, pompe à air à main; 73, triple valve; 74, robinet de vidange du pantographe avec sectionneur 2; 75, robinet de verrouillage des conducteurs aériens. — *Circuit de coupure :* 77, contact de coupure du disjoncteur principal; 78, relais à maximum de courant des moteurs de traction; 79, relais à maximum de courant du courant principal; 80, relais à manque de tension. — *Commande pneumatique de l'inverseur et du circuit de chauffage :* 83, robinets de l'inverseur; 84, verrouillage; 85, robinets à double valve; 86, robinet de vidange pour commande de l'inverseur de marche; 89, triple valve pour la commande de l'interrupteur du circuit de chauffage. — *Pompe à vide :* 91, pompe à vide; 92, controller du moteur de freinage et 93, sa résistance variable. — *Appareils de sécurité :* 95 à 123, coupe-circuits.

De plus, on devait pouvoir démarrer dans les rampes de 35 mm à 45 mm : m avec une tension de 9000 v en ligne et atteindre en deux minutes et demie la vitesse de 30 km : h.

La partie mécanique a été construite de manière à permettre l'emploi de moteurs à voie normale. Ceux-ci sont munis de pignons d'engrenages à chaque extrémité, le rapport de démultiplication étant égal à 4,134. Les dents sont obliques. La roue d'engrenage entraine un arbre intermédiaire au moyen de ressorts; son graissage se fait par barbottage dans l'huile. L'effort est transmis aux trois essieux couplés par deux bielles inclinées suivant la disposition déjà adoptée pour la première locomotive du Lötschberg. Chaque groupe moteur est indépendant de sorte que l'effort de traction se transmet par l'intermédiaire des axes des boggies moteurs et du châssis, ce qui ne présente pas d'inconvénient. Les moteurs sont protégés par des capots qui en permettent la visite facile. Ces capots étant plus étroits que la caisse centrale, ménagent, de chaque côté, un

Digitized by Google

passage latéral permettant la visite à tout instant. La caisse centrale est, par suite, plus réduite, mais, par contre, le démontage des moteurs est plus facile et plus rapide et la conduite moins fatigante. La caisse contient le transformateur, les appareils de coupure, les pompes de ventilation et de vide, les groupes compresseurs et les deux cabines de conduite avec portes latérales permettant de traverser la locomotive. Les freins à vide sont du système Hardy; chaque boggie possède 6 sabots de freins permettant un effort de freinage égal à 60 pour 100 du poids adhérent. En outre, un frein à main permet de réaliser un effort de freinage de 50 pour 100. Le frein à vide est combiné de manière à freiner normalement sur les voitures remorquées, et seulement en cas de besoin sur la locomotive afin d'éviter une usure trop rapide des bandages. Deux indicateurs de vitesse système Teloc, dont l'un est enregistreur, complètent l'installation mécanique qui a été réalisée par les ateliers de Winterthur.

L'installation électrique a été partagée entre les Ateliers Brown, Boveri et Cie qui ont fourni les moteurs, les contrôllers et les pantographes, et les Ateliers Œrlikon qui ont construit le transformateur, l'interrupteur, l'inverseur, les ventilateurs et l'appareillage. La figure 4 donne le schéma de montage des locomotives. Tous les appareils sont commandés à main et à l'air comprimé, ce qui simplifie le schéma. Les deux pantographes sont actionnés pneumatiquement et électriquement. Une bobine de réactance disposée sur le toit sert de protection contre les surtensions. L'interrupteur, dans l'huile, est placé immédiatement sous la toiture, ce qui supprime la cabine à haute tension. De là, le courant se rend immédiatement au transformateur. L'interrupteur est commandé pneumatiquement de chaque cabine de conduite, et électriquement par trois relais à maximum dont l'un est dans le circuit du transformateur et les deux autres dans les circuits des deux moteurs. Un relais à manque de tension commande également l'interrupteur.

Le transformateur de 910 kv-a de puissance continue est un transformateur à air à refroidissement artificiel, il est sensiblement plus léger qu'un transformateur dans l'huile de même puissance. L'enroulement secondaire est placé à l'intérieur de l'enroulement primaire et possède 18 prises pour l'alimentation des moteurs : la dernière prise est à 610 v. Un ventilateur fournissant 300 m³ d'air par minute sous 60 mm de hauteur d'eau sert au refroidissement du transformateur.

Le réducteur à plots pour l'alimentation des moteurs est semblable à un réducteur de batterie d'accumulateurs et comporte 18 plots et un curseur avec balai principal et balai auxiliaire. Sa commande se fait mécaniquement à l'aide d'un volant à main et d'une transmission par chaîne actionnant un arbre monté sur billes. De là, des câbles se rendent au moteur par l'intermédiaire des inverseurs qui sont commandés pneumatiquement à l'aide d'un robinet placé près du robinet du pantographe et du robinet de l'interrupteur haute tension et verrouillé par ce dernier.

Les moteurs de traction sont à 12 pôles et du type série à pôles auxiliaires de compensation shuntés. Ils possèdent, en outre, des connexions résistantes entre l'enroulement et le collecteur; ces connexions sont du même type que celles de la locomotive 1 D 1 de 1918. Le collecteur a 120 mm de largeur, dimension amplement suffisante. Les 12 porte-balais sont munis chacun de 2 balais en charbon inclinés, de 20 mm × 56 mm et sont montés sur isolateurs en porcelaine. Un ventilateur sert à son refroidissement : il fournit 120 m³ d'air par minute sous 100 mm d'eau en tournant à 1700 t:mn; il est conduit par un moteur monophasé de 5,5 ch. Le moteur complet, sans la roue dentée, pèse 5750 kg; sa puissance continue est de 500 ch et sa puissance horaire de 600 ch à 615 t:mn correspondant à une vitesse de 30 km : h. Les caractéristiques des moteurs sont données par les courbes de la figure 5.

On a préféré employer le freinage électrique sur résistances plutôt que le freinage par récupération, parce que ce dernier aurait exigé un équipement plus lourd qui aurait obligé de réduire la puissance de la locomotive pour ne pas dépasser le poids admissible par essieu. Pour réaliser le freinage électrique, on branche en série les inducteurs des deux moteurs et on les alimente par une excitatrice spéciale qui est accouplée au moteur du ventilateur du transformateur. L'excitatrice est elle-même excitée par la batterie d'éclairage à 18 v et sa tension est réglée par un régulateur de champ placé dans la cabine de conduite. Les deux moteurs travaillent comme générateurs sur deux résistances de démarrage; ils sont mis sur la position de freinage par le jeu de l'inverseur. Les résistances de freinage sont constituées par des spirales en nickelchrome et refroidies par le ventilateur du transformateur. L'effort de freinage atteint 50 pour 100 du poids adhérent.

Le chauffage électrique du train est assuré par une prise de courant à 300 v qui est la septième du transformateur principal. Le courant peut atteindre 600 a maximum. Les services auxiliaires sont alimentés par une prise à 220 v: ils comportent l'alimentation des moteurs des ventilateurs, du compresseur, des pompes à vide et du groupe convertisseur pour l'éclairage. Tous ces moteurs sont commandés par un interrupteur unique et ceux des moteurs des ventilateurs sont contrôlés par des lampes de signalisation.

L'éclairage est assuré par un petit groupe convertisseur de 0,75 kw à 18 — 25 v en parallèle avec une batterie d'accumulateurs de 9 éléments de 60 a-h. Le chauffage de la locomotive est assuré par deux chaufferettes de 150 watts et deux radiateurs de 600 watts alimentés par le circuit à 220 v. Un réchauffeur d'huile a été prévu.

La première locomotive de ce type, livrée le 30 juin 1921 a été mise en essais le même jour et en service le 7 juillet suivant. Les 5 suivantes ont été livrées dans les deux mois suivants.

Les essais ont été tout à fait satisfaisants, tant au point de vue des vitesses atteintes que des échauffements des transformateurs et des moteurs.

L'article décrit ensuite le système de freinage par récupération imaginé par le Dr Behn-Eschenburg et appliqué par les Ateliers Œrlikon aux locomotives du type 101, nos 353-355 et qui a déjà été décrit dans le même journal (11 janvier et 16 août 1919). Ce système permet de récupérer, dans les pentes de 35 à 45 mm : m, 30 pour 100 environ de l'énergie nécessaire pour gravir ces mêmes rampes à la même vitesse (29 à 36 km : h). Ces locomotives sont employées sur la ligne de Davos à Landquart qui comporte 5 trains par jour, de sorte que l'économie annuelle d'énergie se chiffre par 122000 kw-h environ, soit une économie d'environ 9400 fr par an. Le prix de l'installation de récupération étant de 113000 fr, on voit que cette installation est suffisamment rémunérée par les économies d'énergie qu'elle permet.

Chauffage des trains. — Avant l'exploitation électrique, le matériel roulant était muni du chauffage à la vapeur. On s'est demandé s'il n'y aurait pas intérêt à conserver ce système de chauffage en produisant la vapeur dans des chaudières chauffées électriquement, mais on y a renoncé tant à cause du prix des chaudières que des inconvénients spéciaux à ce mode de chauffage, et on a installé le chauffage électrique direct alimenté par un circuit spécial à 300 v. La

Digitized by Google

puissance nécessaire au chauffage des voitures à voyageurs a été fixée à 300 et 350 watts par mètre cube pour les voitures de 3e classe, 400 watts pour les voitures de 1re et 2e classe et 150 watts pour les couloirs latéraux. Les radiateurs Therma sont à éléments de tubes plats. Ils contiennent des résistances chauffantes en rubans de nickel chromé enrobés dans de la micanite. Les tubes d'acier sont eux-mêmes isolés par des supports en stéatite et protégés par des tôles perforées. Il y a actuellement 99 voitures à voyageurs, 1 voiture d'ambulance et 30 fourgons à bagages chauffés électriquement. Il reste à équiper 63 voitures à voyageurs, 11 voitures à bagages et 30 wagons à marchandises.

Installation des ateliers et dépots. — Les chemins de fer rhétiques possèdent un seul atelier principal à Landquart où se font toutes les révisions et les grosses réparations des locomotives. En outre, il y a à Landquart et Samaden, 2 dépôts principaux avec petit atelier, où l'on peut faire les révisions provisoires. L'atelier principal est muni de 2 ponts roulants de 28 t et d'un autre de 5 t. Les deux premiers per-

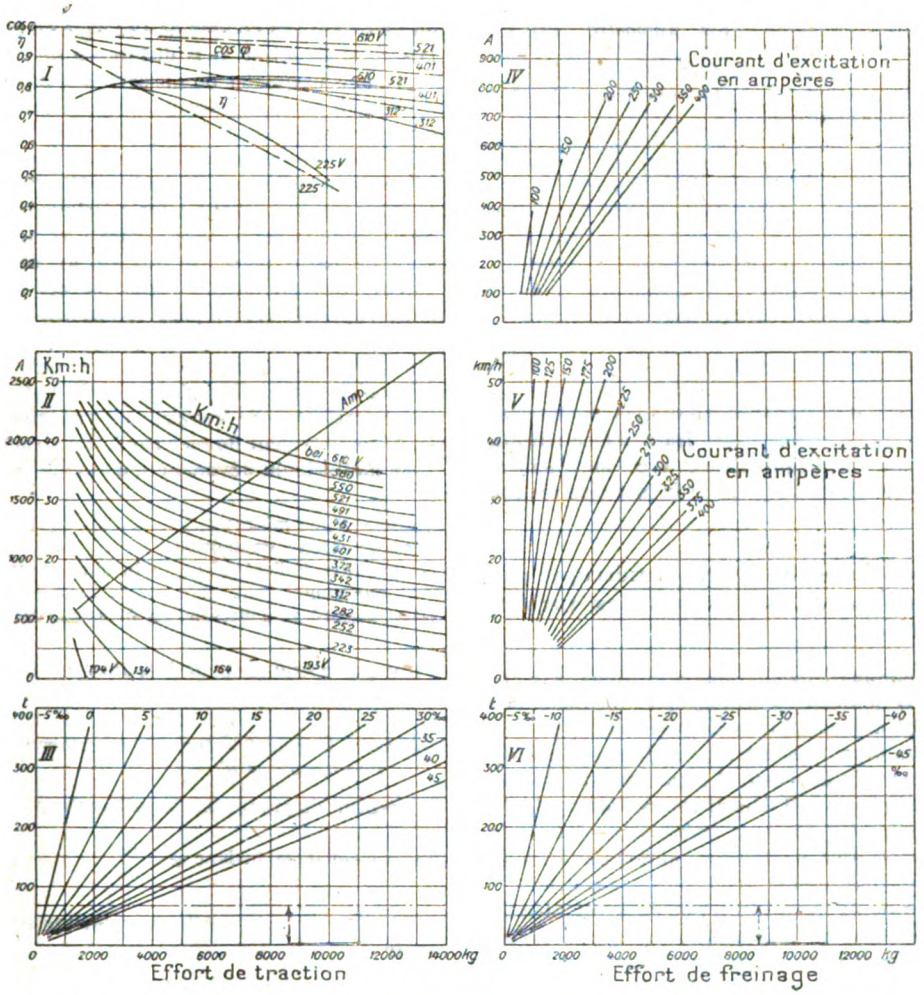


Fig. 5. — Caractéristiques de marche et de freinage des locomotives CC de 1 200 ch des chemins de fer rhétiques.

mettent le levage rapide des locomotives en vue de la réfection des bandages des roues, qui est l'opération la plus fréquente en ce qui concerne l'entretien de la partie mécanique.

L'entretien de la partie électrique porte principalement sur les moteurs en raison de la poussière de charbon qui se forme par suite de l'usure des balais et aussi de l'huile qui vient former, avec cette poussière, un dépôt adhérent sur les enroulements. Avec les anciens moteurs, il était nécessaire de faire un nettoyage complet au bout de 60 000 à 80 000 km au maximum. Ce nettoyage consiste, après un soufflage énergique, en un grattage à sec suivi d'un lavage à la benzine et d'un séchage à l'étuve ; après quoi la partie traitée, rotor ou stator, est passée à la gomme laque, puis de nouveau séché à l'étuve à 100° pendant 24 heures. L'étuve consiste en une caisse en tôle dans laquelle on peut alternativement faire le vide ou insuffler de l'air réchauffé électriquement. Un poste mobile sur chariot permet de faire les essais d'isolement. Les collecteurs des moteurs exigent un traitement spécial ; il est nécessaire de les nettoyer et de les tourner après un parcours variable de 30 000 à 90 000 km. On se sert pour cela d'une meule en grès spéciale, la poussière de cuivre et de sable ainsi formée étant recueillie par un système d'aspiration par le vide. Le grattage de la micanite entre les lames des collecteurs s'effectue rapidement à l'aide de la fraise à collecteurs système Oerlikon qui permet d'enlever 0,8 mm de mica en 20 heures sur toute la surface des collecteurs d'un moteur.

Un banc spécial permet la réfection du bobinage et du

Digitized by Google

frettage des moteurs ; des filtres-presses assurent l'épuration de 35 litres d'huile à la minute. Le dépôt est chauffé électriquement par une installation permettant de consommer 300 kv-a.

Coût de l'électrification. — Pour terminer, l'article donne le montant des dépenses d'électrification qui sont résumées dans le tableau suivant :

A. *Installations électriques de la ligne, y compris la modification des lignes à courant faible.*

Section	Km	Prix du kilomètre fr	Prix total fr
Bevers-Filisur	31	70 500	2 187 500
Davos-Filisur-Thusis	45	69 600	3 128 400
Davos-Klosters et Thusis-Landquart	56	64 000	3 594 000
Landquart-Klosters	33	47 400	1 564 300
Reichenau-Trins	5	28 800	143 700
Trins-Disentis	45	34 500	1 550 000
			12 167 900
B. Installations des ateliers et dépôts			590 700
C. Chauffage électrique des voitures			519 300
D. Locomotives électriques (11 locomotives)			5 323 200
E. Divers			198 600
Montant total des frais d'électrification			18 800 000

Le calcul des frais d'exploitation pour 1923, compte tenu des intérêts et amortissements des frais d'électrification ci-dessus, fait ressortir l'équivalence avec la traction à vapeur pour un prix du charbon de 88 fr la tonne rendue à Landquart. — J. C.

Applications de la méthode calorimétrique pour la détermination du rendement des turbines hydrauliques (1).

Les auteurs indiquent, dans cette note, deux exemples d'application de la méthode calorimétrique, déjà connue de nos lecteurs (2). On a employé un artifice permettant d'éviter l'introduction d'un organe de mesure de température dans la canalisation d'arrivée de l'eau. Il serait en effet très difficile de protéger cet appareil délicat contre l'action de l'eau et des corps qu'elle peut tenir en suspension et, d'ailleurs une protection mécanique quelconque aurait une influence fâcheuse sur la sensibilité et la précision des mesures.

On soutire une petite quantité d'eau de la canalisation, dans la section amont, au moyen d'une prise analogue à celle qui servirait pour le montage d'un manomètre et on la reçoit dans un vase où elle se trouve au repos, après avoir transformé toute son énergie en chaleur par laminage dans le robinet réglé en conséquence.

Si Q est le débit par seconde, θ'_2 la température dans le vase, K une constante, on a la relation

$$S - K = 425 \times Q \times \theta'_2.$$

On a de même, au canal de fuite

$$S_0 - K = 425 \times Q \times \theta_2.$$

D'où nous tirons

$$S - S_0 = 425 \times Q (\theta'_2 - \theta_2).$$

Si, d'autre part, la pression est H' dans la section amont, nous pouvons écrire

$$S = Q \times H'.$$

Et, en portant ces diverses expressions dans la valeur du rendement, celui-ci devient

$$\eta'_t = \frac{425\ (\theta'_2 - \theta')}{H'}$$

en ne tenant pas compte de l'énergie cinétique de l'eau dans la section amont et de la différence de niveau des deux sections dans lesquelles on observe la température. Les corrections qu'il faudrait faire pour une mesure rigoureuse sont d'ailleurs absolument négligeables.

Le premier exemple d'application porte sur la turbine de 4 800 ch de la Rageat. Un tableau détaillé donne les résultats obtenus par la méthode calorimétrique et, parallèlement, les résultats de la méthode ordinaire avec application de la formule de Bazin pour l'évaluation du débit. Le rapport des valeurs du rendement obtenues par ces deux méthodes varie entre 0,9801 et 1,0866 pour 10 mesures différentes.

Le deuxième exemple est l'essai fait à l'usine de Fully qui utilise la plus haute chute aménagée du monde.

Dans cet essai, effectué à peu près à pleine charge, la puissance était de 3 980 kw avec un rendement de l'alternateur égal à 0,93 (valeur donnée par le constructeur).

La méthode du déversoir a donné les résultats suivants :

Hauteur H, en mètres	1,631
Perte de charge, en mètres	33
H', pression à l'entrée de la turbine, en mètres d'eau par mm²	1,598
Débit mesuré au déversoir, en litres par seconde	336

Ce qui entraine, pour la puissance et le rendement, les valeurs suivantes :

Puissance fournie à la turbine, en kilowatts $P = 0{,}00981\ Q\ H'$	5 267
Rendement du groupe turbine-alternateur $\eta_g = \frac{W}{P}$	0,755
Rendement de la turbine $\eta_t = \frac{\eta_g}{\eta_a}$	0,812

D'autre part, la méthode calorimétrique a permis d'obtenir

$$\theta'_2 = 8°,05, \quad \theta_2 = 4°,90 \quad \text{d'où} \quad \theta'_2 - \theta_2 = 3°,15,$$

d'où l'on a déduit

$$\eta'_t = \frac{425\ (\theta'_2 - \theta_2)}{H'} = 0{,}838.$$

Il faut noter que la valeur de η_g 0,93, indiquée par le constructeur n'a probablement pas été atteinte, ce qui rapproche encore les résultats obtenus dans ces deux essais.

Ces deux méthodes étant comparables, au moins dans le cas de hautes chutes, il en résulte que la méthode calorimétrique prend une réelle importance en raison du matériel très simple qu'elle nécessite ; on connait en effet les difficultés que l'on rencontre pour réaliser un déversoir convenable et les erreurs considérables entrainées par la plus petite imperfection dans sa construction. — B. E.

(1) L. Barbillon et A. Poirson, *Bulletin officiel de la Direction des Recherches scientifiques et industrielles et des Inventions*, février 1922, p. 85-91, 900 mots, 1 fig. et 1 tab.

(2) *Revue générale de l'Electricité*, 26 novembre 1921, t. x, p. 780.

Digitized by Google

SECTION ÉCONOMIQUE & FINANCIÈRE

Importations et exportations françaises

de matériel électrique, produits électrométallurgiques et électrochimiques.

La première constatation qu'on peut faire après examen du tableau I, relatif au matériel électrique est la supériorité prononcée, en 1922, de l'exportation française sur l'importation étrangère. Elle s'est chiffrée en

Tableau I. — Matériel électrique.

CHIFFRES EXTRAITS DE LA STATISTIQUE DOUANIÈRE FRANÇAISE CONCERNANT LE COMMERCE SPÉCIAL POUR LES SEPT PREMIERS MOIS DE 1920, 1921 ET 1922.

PAGES DES DOCUMENTS OFFICIELS		DÉSIGNATIONS	QUANTITÉS EXPRIMÉES EN QUINTAUX MÉTRIQUES 1922	1921	1920	VALEURS EXPRIMÉES EN MILLIERS DE FRANCS 1922	1921	1920
105	IMPORTATIONS	I. Machines dynamo-électriques : pesant 1 000 kg et plus	23 498	27 560	23 631	18 267	23 867	23 631
		— 50 kg et moins de 1 000 kg.	4 048	13 060	11 684	4 448	17 017	14 021
		— moins de 50 kg	2 124	2 395	3 949	4 613	4 751	6 713
		II. Appareils électriques et électrotechniques : avec enroulement de fil métal. isolé.	3 590	7 026	4 801	9 072	16 574	33 607
		sans enroulement	3 542	4 585	4 418	5 936	10 807	18 556
106		III. Bâtis et carcasses de dynamos et moteurs électriques	45	1 825	97	22	730	44
91		IV. Lampes électriques à incandescence : à filament de charbon, avec monture	5	41	15	42	338	60
		à filament métallique, id	1 419	1 710	1 468	12 642	13 552	16 148
		sans monture	23	23	8	294	290	96
106		V. Lampes à arc et pièces détachées en fer ou en acier	25	28	41	60	63	90
88		VI. Charbons préparés pour usages industriels	768	1 215	4 286	352	752	3 429
106		VII. Fils et câbles isolés pour l'électricité	594	3 331	3 502	794	5 713	3 502
106		VIII. Induits de machines dynamo-électriques et pièces détachées pour appareils électriques	2 128	4 881	3 777	3 924	13 379	11 331
106		IX. Aimants autres que les électro-aimants	26	27	2	33	27	2
109		X. Accumulateurs et pièces détachées	3 003	3 240	1 468	770	778	873
109		XI. Piles sèches	54	57	168	48	50	143
90		XII. *a*) Pièces pour l'électricité, en porcelaine, faïence, grès, isolateurs et autres	5 767	12 786	5 672	1 778	4 207	3 097
91		*b*) Pièces en verre, pour l'électricité	108	4		55	1	
			30 797	83 794	68 987	63 150	112 909	135 343
		Exportation de matériel électrique fabriqué en France ou francisé après transformation						
179	EXPORTATIONS	I. Dynamos et transformateurs	13 470	13 945	12 367	16 164	16 734	17 932
		II. Appareils électriques et électrotechniques	14 086	17 468	12 662	56 344	69 872	56 457
180		III. Bâtis et carcasses de dynamos et de moteurs électriques	111	355	302	44	142	136
161		IV. Lampes à incandescence	1 369	1 006	903	7 803	5 734	5 960
180		V. Lampes à arc et pièces détachées en fer ou en acier	43	114	92	61	162	152
161		VI. Charbons préparés pour usages industriels	6 554	12 672	14 028	5 545	10 721	12 625
180		VII. Fils et câbles isolés pour l'électricité	20 911	18 958	13 194	18 820	17 062	11 875
		VIII. Induits de dynamos et pièces pour appareils électriques	2 831	3 326	2 952	7 644	8 980	8 767
		IX. Aimants autres que les électro-aimants	25	101	115	23	91	115
182		X. Accumulateurs électriques et pièces détachées	5 067	2 500	6 096	1 981	980	4 663
		XI. Piles sèches	1 326	1 487	1 531	1 167	1 309	1 041
163		XII. *a*) Pièces pour l'électricité, en porcelaine, faïence, grès blanc ou de couleur, isolateurs et autres	4 705	4 481	2 321	2 442	2 326	1 098
164		*b*) Pièces en verre, pour l'électricité	1 449	3 387	1 012	369	863	273
			71 947	79 806	67 515	118 407	134 977	121 091

Digitized by Google

poids par 41 150 quintaux métriques, pour une valeur de 55 257 000 fr. Or, cette supériorité n'avait été, pour la période correspondante de 1921, que d'une valeur de 22 068 000 fr. Quant au poids, celui de l'importation avait dépassé de 3 988 quintaux celui de l'exportation.

L'importation a reculé sur les articles suivants :

En valeur, de 18 millions de francs et en poids, de 13 000 quintaux sur les *dynamos ;*

En valeur, de 4,5 millions de francs et en poids, de 2 732 quintaux sur les *fils et câbles* ;

En valeur, de 12,5 millions de francs et en poids, de 4 500 quintaux sur les *appareils électriques* ;

En valeur : de 9,5 millions de francs sur les *induits*.

L'exportation a perdu aussi de son importance sur :

Les *charbons :* diminution de 5 176 000 fr pour un poids de 6 118 quintaux ;

TABLEAU A. — *Indices de supériorité de quelques articles d'importation étrangère de matériel électrique sur l'exportation française pour les sept premiers mois de 1922.*

ARTICLES	SUPÉRIORITÉ DES IMPORTATIONS en valeur	SUPÉRIORITÉ DES IMPORTATIONS en poids	OBSERVATIONS
	francs	quintaux	
I	11 164 000	16 200	*Dynamos.* — Si d'une année sur l'autre l'exportation a diminué quelque peu, l'importation a aussi subi une réduction de 18 310 000 fr, en valeur et de 13 345 quintaux, en poids.
IV	5 175 000	108	*Lampes à incandescence.* — Cet article a diminué à l'importation de 427 000 fr et de 284 quintaux. Quant à l'exportation, elle a augmenté de 2 millions de francs et de 363 quintaux.
	16 339 000	16 308	Supériorité relative de l'importation.

TABLEAU B. — *Indices de supériorité de quelques articles d'exportation française de matériel électrique sur l'importation étrangère pour les sept premiers mois de 1922.*

ARTICLES	SUPÉRIORITÉ DES EXPORTATIONS en valeur	SUPÉRIORITÉ DES EXPORTATIONS en poids	OBSERVATIONS
	francs	quintaux	
VII	18 096 000	20 317	*Fils-câbles.* — L'exportation s'est accrue d'une année sur l'autre de 1 758 000 fr et de 1 953 quintaux. Par contre, l'importation a fait un bond très considérable en arrière d'une valeur de 4 919 000 fr et d'un poids de 2 727 quintaux.
VI	5 193 000	5 783	*Charbons.* L'exportation a diminué de 5 176 000 fr pour un poids de 6 118 quintaux. L'importation, déjà fort réduite, n'a pas décru dans des proportions si sensibles.
II	41 336 000	6 954	*Appareils électriques et électrotechniques.* — Si la diminution de l'exportation a été de 13,5 millions de francs pour un poids de 3 382 quintaux, elle a été encore plus importante sur l'importation, qui a été de 12 000 373 fr et de 4 500 quintaux sur les chiffres déjà restreints de 1921.
X	1 211 000	2 064	*Accumulateurs.* — L'exportation a augmenté d'une valeur de 1 million de francs et d'un poids de 2 561 quintaux. L'importation est restée stationnaire.
VIII	3 720 000	703	*Induits de dynamos.* — Si l'importation a décru de près de 1,5 million de francs l'importation a diminué de 9,5 millions de francs.
XII *a* | *b*	978 000	278	*Céramique et verrerie.* — Si l'exportation a quelque peu diminué, l'importation a décru plus fortement : en valeur, de 2 375 fr ; en poids, de 6 915 quintaux.
	70 464 000	36 103	Supériorité relative à l'exportation.

Les *appareils électriques* : diminution de 13 500 000 fr pour un poids de 3 382 quintaux ;

Les *induits :* diminution de 1 500 000 fr.

Mais elle a laissé voir une augmentation sur :

Les *lampes à incandescence* de 2 millions de francs ;

Les *fils et câbles* de 1 758 000 fr et poids de 1 953 quintaux ;

Les *accumulateurs* de 1 million de francs et poids de 2 561 quintaux.

A l'examen du tableau II concernant les produits électrométallurgiques et électrochimiques, on peut observer que l'exportation a dépassé l'importation de 51 000 quintaux pour valeur de 18 millions de francs. Cette supériorité a porté principalement sur l'*aluminium brut*, le *nitrate de calcium* et la *cyanamide calcique*, le *carbure de calcium* et le *ferro-silicium*. Mais, tout en constatant cette augmentation de l'exportation de ces produits, on pourrait peut-être regretter que celle-ci repose surtout sur des matières premières, pour lesquelles l'industrie française devrait s'ingénier à rechercher de plus importantes applications et utilisation pour sa propre fabrication ; car il est à craindre que partie

Digitized by Google

Tableau II. — Produits électrométallurgiques et électrochimiques.

CHIFFRES EXTRAITS DE LA STATISTIQUE DOUANIÈRE FRANÇAISE CONCERNANT LE COMMERCE SPÉCIAL POUR LES SEPT PREMIERS MOIS DE 1922-1921-1920.

PAGES DES DOCUMENTS OFFICIELS		DÉSIGNATION	QUANTITÉS EXPRIMÉES EN QUINTAUX MÉTRIQUES			VALEURS EXPRIMÉES EN MILLIERS DE FRANCS		
			1922	1921	1920	1922	1921	1920
69	IMPORTATIONS	I. Aluminium : en lingots ou déchets	242	2 072	1 862	111	1 513	1 676
		I. Aluminium : battu, tiré, laminé, filé ou en poudre	698	359	421	1 169	447	484
		II. Ferro-alliages : ferro-manganèse	11 983	11 241	30 145	971	2 872	7 540
		II. Ferro-alliages : ferro-silicium	5 389	1 170	6 155	450	101	739
		II. Ferro-alliages : autres	2 347	991	1 807	1 005	265	199
72		III. Carbure de calcium	18 903	10 451	23 430	1 365	930	2 390
84		IV. Nitrate de calcium et cyanamide calcique	41 670	7 530	84 822	2 475	926	7 804
			81 232	33 814	148 642	7 546	7 054	20 882
		Exportation de produits fabriqués en France ou francisés après transformation						
142	EXPORTATIONS	I. Aluminium : en lingots ou déchets	12 331	1 061	8 969	9 248	796	7 624
		I. Aluminium : battu, tiré, laminé, filé ou en poudre	894	1 684	10 303	849	1 600	11 848
		II. Ferro-alliages : ferro-manganèse	12 656	19 387	16 042	1 680	2 569	3 369
		II. Ferro-alliages : ferro-silicium	13 285	26 574	17 758	1 662	3 322	2 131
		II. Ferro-alliages : autres	7 140	3 351	16 574	571	268	1 823
145		III. Carbure de calcium	38 554	32 287	32 463	3 122	2 615	3 311
158		IV. Nitrate de calcium et cyanamide calcique	51 170	1 090	3 606	4 544	97	335
			136 050	85 434	105 715	21 676	11 267	30 441

TABLEAU C. — *Indices du mouvement d'échanges internationaux des principales matières premières électrométallurgiques et électrochimiques pour les sept premiers mois de 1922 et 1921.*

DÉSIGNATION	SUPÉRIORITÉ EN 1922 DE L'IMPORTATION SUR L'EXPORTATION		AUGMENTATION DES IMPORTATIONS DE 1922 SUR 1921		DIMINUTION DES IMPORTATIONS DE 1922 SUR 1921		SUPÉRIORITÉ EN 1922 DE L'EXPORTATION SUR L'IMPORTATION		AUGMENTATION DES EXPORTATIONS DE 1922 SUR 1921	
	en poids	en valeur	en poids	en valeur	en poids	en valeur	en poids	en valeur	en poids	en valeur
	quintaux	francs	quintaux	francs	quintaux	francs	quintaux	francs	quintaux	francs
I. *Aluminium* : en lingots, déchets et demi-ouvré.					1 491	677 000	8 817	12 285 000	7 701	10 480 000
II. a) *Ferro-manganèse*			742			1 902 000	693	709 000		
b) *Ferro-silicium*			4 219	339 000			7 896	1 212 000		
c) *Autres ferro-alliages*		634 000	1 356	740 000			4 793		3 789	303 000
III. *Carbure de calcium*			8 452	435 000			19 651	1 757 000	6 267	507 000
IV. *Nitrate de calcium et cyanamide calcique*			34 140	1 549 000			9 500	2 069 000	50 680	4 447 000
		634 000	48 909	3 063 000	1 491	2 579 000	51 350	18 032 000	68 437	15 737 000

de ces matières reviennent sur les marchés français sous forme de produits manufacturés et concurrencent la production industrielle nationale.

OBSERVATIONS. — Comme il est nécessaire que celle-ci s'accroisse non seulement au bénéfice de la consommation intérieure française, mais aussi au profit de la

Digitized by Google

clientèle étrangère, il est à déplorer que certains de nos concitoyens, mal conseillés, mettent obstacle à notre exportation. C'est ainsi que la grève des inscrits maritimes, du fait même du non embarquement des marchandises françaises à destination de l'extérieur, en arrête l'exportation et, partant, la production.

Ces faits permettent, en outre, à la propagande de nos ennemis économiques de se donner libre jeu à nos dépens en dissuadant les acheteurs étrangers de venir se procurer en France des marchandises qu'on ne peut exporter. Mais nous avons trop confiance dans le bon sens et le patriotisme des collaborateurs de notre marine marchande, déjà si éprouvée, pour faire cesser une situation défavorable qui a assez duré : ils ne doivent pas ignorer que la loi de huit heures n'a été trouvée, par aucune puissance maritime du globe, applicable à la marine marchande.

Désiré PECTOR,
Conseiller honoraire du Commerce extérieur

Revues, analyses et informations

La mobilisation technique.

Sous ce titre, notre collaborateur, M. P. BOUCHEROT, président de l'Union des Syndicats d'Ingénieurs français, vient de publier dans « Le Monde nouveau » du 1er août 1922, pages 193 à 202, un article sur ce sujet qui, depuis la guerre, préoccupe les ingénieurs. En voici une analyse et quelques extraits.

1. — Dans son introduction, il rappelle un espoir qui réconfortait au moment de l'élaboration du traité de paix : « Nous en avons fini avec la guerre ; celle-ci sera la dernière ; si les sacrifices qui nous ont été imposés ont été lourds, du moins ils n'auront pas été inutiles ». Malheureusement il semble bien aujourd'hui que cet espoir ne se réalisera pas et que les nations, comme les individus, doivent avoir l'esprit défensif.

Toutefois il ne faut pas que la préparation de la guerre absorbe l'énergie vitale d'une nation ; ce serait tomber dans le militarisme le plus néfaste. Mais il est cependant nécessaire de prévoir et puisque la guerre russo-japonaise, d'une part (1), la guerre mondiale, d'autre part, ont montré que l'art de l'ingénieur est devenu l'atout suprême de la victoire (2) il convient de songer à « l'organisation de la nation armée, en attribuant dès maintenant à chacun la place qui est sienne, celle où sa préparation spéciale lui permettra d'être utile sans tâtonnement et de rendre le maximum de services ».

Après ce préambule, M. P. Boucherot expose ses idées sur la manière de réaliser cette organisation ; nous le citons textuellement.

2. — « Il n'est pas inutile de rappeler ici les erreurs singulières commises en 1914 au sujet de l'utilisation des intellectuels, des ingénieurs, des techniciens en général. Certes... tout n'était pas critiquable. Il s'est trouvé dans la masse des hommes éminents, des savants remarquables qui, dès le début de la guerre, se sont trouvés à leur place. Mais on peut bien dire qu'ils furent des exceptions. Pour la plupart des techniciens de toutes catégories, les affectations de mobilisation avaient été faites en temps de paix, au petit bonheur. Quelques-uns, sortant d'écoles spéciales avaient, par la force des règlements, une affectation à peu près normale. Les autres, qui n'avaient pu, ou n'avaient pas voulu s'astreindre à des démarches compliquées, rentraient dans la masse et faisaient n'importe quoi. On croit rêver quand on passe en revue les affectations ridicules et lamentables données à des techniciens de valeur dont l'utilisation judicieuse eut pu épargner des milliers de vies humaines.

» Voici un chimiste hors de pair, puisque prix Nobel, garde-voie pendant de longs mois ;

» Voici un ingénieur universellement connu, professeur dans deux de nos meilleures écoles d'électrotechnique ; il est mobilisé comme sapeur de 2e classe, terrassier, il termine la guerre comme... officier d'administration de 3e classe du Génie.

» Voici un ingénieur en chef d'une grande société de traction électrique ; il fait toute la guerre comme soldat de 2e classe dans l'infanterie.

» Voici un ingénieur dirigeant en temps de paix cinq usines, la moitié d'un important réseau de montagne dans les Alpes. Pendant cinq années, il a, comme caporal, la responsabilité de quatre hommes et d'un groupe électrogène de deux chevaux.

» La liste pourrait être longue, hélas (1) ... Ne la prolongeons pas ici.

» N'y avait-il que des erreurs dans ces affectations ? Si oui... elles auraient pu être réparées rapidement ! Mais combien de fois les intéressés se sont heurtés à la mauvaise volonté systématique de leurs chefs !

» Oui, il y eut des erreurs, il y eut aussi de véritables brimades que les règlements rendaient possibles. Il y eut surtout l'application rigide d'un principe juste au premier examen, et conduisant à de lourdes erreurs dans son application irraisonnée, *celui de l'égalité devant le danger*.

» Evidemment, la mobilisation doit être égalitaire. Elle ne peut continuer et prolonger, dans la vie militaire, les privilèges de la vie sociale ; il n'est pas admissible qu'un homme ayant dans la vie ordinaire la fortune, le nom, le rang social, l'instruction, en tire un privilège militaire quel qu'il soit. Personne ne songe à discuter le principe d'égalité ainsi compris. L'erreur commence à partir du moment où l'on admet que tous les hommes se valent, où l'on méconnaît la valeur des spécialisations, où l'on oublie que la profession et la spécialisation des mobilisés doivent intervenir « pour les diviser, les classer, les hiérarchiser suivant une loi unique, souveraine, l'utilité relative et immédiate des métiers par rapport à l'œuvre de la défense nationale (2).

(1) Maurice MAETERLINCK. *Les Dieux de la Guerre*, 1907.
(2) Albert RANC. *Les Ingénieurs et la Guerre*, 1922.

(1) Enquête faite par le Syndicat professionnel des Ingénieurs électriciens français : c'est par dizaines que l'on compte ces affectations ridicules dans ce seul syndicat.
(2) Albert RANC. *Les Ingénieurs et la Guerre*, 1922.

Digitized by Google

» Il importe peu que le valet de chambre d'un Monsieur quelconque qui, en temps de paix, se contente de manger ses revenus, devienne le sergent de celui-ci, dans l'infanterie, à la mobilisation. Mais il n'est pas indifférent que le garçon de laboratoire d'un savant devienne le chef de celui-ci dans un service technique. Ceci n'est plus de l'égalité, c'est de la pure démagogie.

» Il faut donc substituer « aux absurdités égalitaires de notre ancienne loi de recrutement, un système utilitaire, à la fois juste dans son essence et rigoureux dans son application ».

» En particulier, il faut que seule la valeur professionnelle détermine l'affectation technique, soit le critérium d'une bonne utilisation. Peu importe qu'un homme n'aie pas de diplômes s'il est vraiment reconnu pour une valeur dans sa profession; par contre, doit être écarté celui qui, ayant obtenu des diplômes dans sa jeunesse, ne professe plus depuis longtemps.

» Cela est d'une telle évidence, après les leçons de la guerre, qu'il est presque banal de le répéter. Hier, chacun en était convaincu. Et puis le temps passe, les angoisses s'apaisent ; la vie fiévreuse nous reprend tous ; on se courbe sur le sillon et l'on oublie, avec les expériences faites, des vérités qui paraissaient essentielles.

» Constatons-le avec regret : si l'on reconnaît en haut lieu la nécessité impérieuse de préparer la mobilisation des établissements industriels et des techniciens, rien de précis n'a été fait jusqu'à présent. »

3. — « Comment préparer cette mobilisation ? Une telle tâche, redoutable en elle-même, et qui doit aller à l'encontre d'une foule de règlements anciens, de traditions, d'intérêts ou de privilèges ne peut s'accomplir que progressivement. Elle fera l'objet de longues discussions au Parlement et de laborieuses études de l'autorité militaire.

» L'autorité militaire est-elle à même de mener à bien, par ses seuls moyens, une œuvre aussi complexe ? Ce serait retomber dans l'erreur que de le croire. Comment préparer la mobilisation technique, non seulement les affectations individuelles, mais encore l'organisation des fabrications de guerre, la fixation des effectifs de spécialistes nécessaires aux usines sans faire appel à ceux qui, à des titres différents, ont en temps de paix la responsabilité de ces usines ?

» Il a semblé en tout cas à un certain nombre de techniciens qu'il leur appartenait d'émettre des avis avant les discussions auxquelles donnera lieu la mobilisation technique industrielle.

» Sur une initiative de l'Union des syndicats d'Ingénieurs français, après des enquêtes faites parmi les membres des syndicats (Chimistes, Electriciens, Mécaniciens) adhérant à cette Union, plus particulièrement par les soins de M. Albert Ranc, s'est constitué un Groupe d'Etudes pour l'organisation de la mobilisation technique, sous la présidence de M. Moureu, membre de l'Institut.

» Ce groupe se compose actuellement de personnalités représentant environ 28 000 techniciens, appartenant aux associations suivantes : Anciens élèves des Ecoles nationales d'Arts et Métiers ; Anciens élèves de la Faculté des Sciences ; Anciens élèves de l'Institut agronomique ; Fédération des grandes Ecoles (Centrale, Ponts et Chaussées, Mines de Paris et de Saint-Etienne), Syndicat des Ingénieurs Chimistes, Electriciens, Mécaniciens, Union nationale des Ecoles de Chimie.

» Ce groupe ne peut prétendre se substituer à l'autorité militaire. Son but n'est pas non plus de demander des privilèges pour une certaine catégorie d'individus. Il part de ce principe que le plan de la mobilisation technique et scientifique doit être conçu de telle sorte que, par son exécution, le passage de l'état de paix à l'état de guerre puisse se faire sans diminution aucune de la vie économique du pays. Et il offre sa collaboration.

» Il demande comme réforme essentielle la création d'un Conseil supérieur de la Mobilisation technique. L'Union des Syndicats d'Ingénieurs français a ainsi défini ce conseil. « L'organe d'administration où s'établiront les rapports permanents qui doivent exister entre le Haut Commandement, consommateur du matériel de guerre et les producteurs de ce matériel, pour organiser et contrôler la mobilisation scientifique et technique de la Nation, en éclairant et provoquant l'exercice de l'autorité ministérielle qui doit la réaliser. »

» Ce conseil réunirait des représentants du Haut Commandement, des représentants de l'enseignement technique et de l'enseignement supérieur des sciences, des syndicats patronaux, des syndicats d'ingénieurs et de techniciens et des syndicats ouvriers.

» Qui ne comprendra l'importance, la nécessité capitale d'une semblable organisation ?

» Il existe des techniciens remarquables, indispensables à la défense nationale et qui ne rendront le maximum de services qu'à une place déterminée ; il faut choisir et classer ces techniciens! Il faut aller chercher, où elles se trouvent, les compétences reconnues et les affecter sans faire intervenir, pour leur utilisation, d'autres considérations que celle de leur valeur professionnelle. Il faut trier, parmi ceux qui se disent techniciens, l'ivraie et le bon grain, les vrais ingénieurs et ceux qui ont usurpé ce titre.

» Il faut donner aux valeurs réelles une situation et un champ d'initiatives correspondant aux possibilités. N'a-t-on pas vu en 1914, un chimiste, prix Nobel, sous les ordres de son secrétaire, adjudant en temps de guerre ?

» Et puis il y a les établissements industriels. Chaque usine, chaque laboratoire doit avoir un dossier de mobilisation avec un état détaillé des stocks de matières premières, des machines, de l'outillage ; chaque établissement industriel doit avoir un effectif de spécialistes, un cadre permanent de techniciens capables d'assurer le fonctionnement immédiat de l'établissement.

» N'est-ce pas à ceux qui font marcher les usines, en temps de paix, d'en assurer le fonctionnement en temps de guerre ? Il n'y a pas de raisons... ou plutôt il n'y a pas de bonnes raisons pour qu'il en soit autrement. Même là où des transformations seraient à effectuer, c'est à ceux qui sont sur place ou qui ont déjà étudié ces transformations qu'elles doivent être confiés.

» Et il y a bien d'autres nécessités à envisager!

» En vue de sa conservation, tout pays doit maintenir une proportion convenable, en rapport avec celle de ses voisins, entre les importances relatives de l'industrie, du commerce, de l'agriculture, de la littérature et des arts. S'il ne développe pas assez son industrie, il devient, faute de moyens matériels de défense, une proie facile pour ses voisins. S'il la développe trop, il va à un autre danger ; enfermé et isolé par ses agresseurs, au moment d'un conflit, il manquera rapidement des produits, agricoles ou autres, nécessaires à la vie de ses habitants. De toute façon il doit pouvoir s'assurer, en cas de guerre, les produits que son sol ne peut lui fournir. C'est donc une nécessité pour lui, dès le temps de paix, de faire des sacrifices pour rendre possible l'existence de certaines industries nécessaires à la mobilisation, même si ces industries ne peuvent vivre en temps

Digitized by Google

normal, par la libre concurrence, pour des raisons économiques.

» L'autorité militaire peut-elle, avec ses moyens d'investigation insuffisants, avec sa compétence forcément limitée, assumer seule la responsabilité de toute cette tâche qu'il serait fastidieux de détailler davantage? Aucun militaire n'oserait l'affirmer! Ce serait l'œuvre du Conseil supérieur de la mobilisation technique.

» Quant à l'utilisation des techniciens et des ingénieurs, quant à la situation qui devrait leur être faite dès le temps de paix, deux courants d'idées semblent se manifester parmi les intéressés. Les uns estiment qu'il faut créer un corps d'ingénieurs militaires, un cadre de techniciens ayant une hiérarchie et des grades. D'autres sont opposés à cette façon de préparer la mobilisation des techniciens et ne voient pas l'utilité qu'il peut y avoir à militariser les civils. Il semble bien que la première manière, défendable en théorie, comporte les mêmes dangers que l'organisation ancienne qui accordait aux militaires une valeur proportionnelle au nombre de leurs galons. Il est évidemment déplorable qu'un ingénieur non gradé, puisse être entravé dans son action, et barré par un gradé inintelligent ou incompétent. Il n'est pas certain que l'attribution de grades aux techniciens fasse disparaître ces erreurs, bien au contraire. Il serait encore du ressort du Conseil supérieur de la mobilisation technique d'étudier ces questions et de résoudre le problème des rapports de l'autorité militaire avec les techniciens et les établissements mobilisés.

» En tout cas, quelles que soient les modalités à prévoir pour la préparation de la mobilisation industrielle et l'utilisation des compétances scientifiques, ces modalités sont à étudier et à fixer dans le plus bref délai possible.

» Que les techniciens le réclament, ce n'est pas suffisant, car on peut leur objecter qu'ils sont à la fois juge et partie. Il importe que la presse, l'opinion tout entière soutiennent les efforts isolés tentés dans quelques milieux, si la nation veut travailler dans la paix et s'éviter de tragiques réveils. On criera au militarisme, c'est entendu; si haut que l'on s'élève dans le domaine des idées, on est toujours militariste par rapport à quelques-uns. Et il faut bien prendre son parti de n'être pas compris et approuvé par tout le monde.

» L'essentiel, ici, n'est pas de plaire à tous, mais de servir à la fois son pays et l'humanité avec clairvoyance et avec amour. Et la paix relative dont nous jouissons a été payée par trop de sang et trop de larmes pour que la nation tout entière ne consente pas, *ne réclame pas* les organisations et les réformes urgentes qui seront pour elle une assurance contre la guerre ».

Assemblées générales

Société des Forces motrices de la Vienne

ASSEMBLÉE GÉNÉRALE ORDINAIRE DU 28 JUIN 1922.

L'exercice 1921 a été marqué principalement par l'achèvement des travaux de l'usine hydraulique de l'Isle-Jourdain, ainsi que de la ligne principale à haute tension destinée à relier cette usine aux départements des Deux-Sèvres et de la Charente-Inférieure.

Toutefois, étant donné la date tardive, dans l'exercice écoulé, à laquelle la mise en service a eu lieu, l'extrême sécheresse qui s'est prolongée de la manière la plus exceptionnelle jusqu'au mois de décembre et, enfin, le fait que le centre principal de La Rochelle n'a pu être relié directement au réseau de transmission à haute tension qu'après la clôture de l'exercice, ce sont encore les usines thermiques qui, durant l'année 1921, ont dû assurer la plus grande partie du service d'exploitation.

Cet exercice doit donc être considéré comme étant le dernier de la période provisoire qui a précédé la mise en œuvre des moyens d'action normaux de la société.

Pendant l'exercice 1921, l'ensemble des recettes a atteint : 3 003 028,04 fr contre 3 095 588,85 fr l'année précédente.

La différence ne provient en aucune façon d'une diminution de l'activité de l'exploitation, mais résulte seulement de l'abaissement subi par le prix de vente moyen du courant, lequel a été la conséquence directe de la baisse considérable des charbons, dont les cours interviennent dans les tarifs en usage pour la vente du courant.

Malgré ces circonstances peu favorables, le compte d'exploitation fait ressortir un bénéfice de 704 060,84 fr en 1921 contre 528 911,77 fr l'année précédente.

Cette amélioration est due, pour partie, au concours apporté par l'usine de l'Isle-Jourdain dans les dernières semaines de l'exercice écoulé, mais surtout à la bonne mise au point des différents moteurs thermiques, ainsi qu'aux perfectionnements progressivement apportés à l'organisation des usines et qui ont permis d'obtenir un fonctionnement à la fois sûr et plus économique.

Le Conseil propose de constituer, comme il est d'usage, un compte provisionnel destiné à parer aux sécheresses anormales telles que celle de l'année dernière et à établir, d'une année à l'autre, suivant les conditions météorologiques ou à raison de toutes autres circonstances variables, une régularisation approximative des charges de production de l'énergie thermique.

Les recettes diverses ont été de 300 302,84 fr et les dépenses d'exploitation de 235 896,80 fr laissant un bénéfice de 704 060,84 fr.

Il y a lieu d'ajouter à ce produit le solde créditeur du compte « Intérêts et divers » tenant compte des charges d'intérêt des capitaux immobilisés et improductifs 1 105 114,55 fr.

L'ensemble donne lieu à un total de 1 809 175,39 fr dont il faut retrancher :

Les frais généraux d'administration et du siège social, 110 179,05 fr; l'abonnement au timbre des actions, 9 000,10 fr; les intérêts servis aux obligations durant l'exercice écoulé, 1 200 000 fr, laissant ainsi un solde de 549 996,13 fr auquel il y a lieu d'ajouter le report de l'année 1920, soit 113 702,23 fr formant un total disponible de 663 699,36 fr.

Ce solde se répartit : un amortissement de 20 pour 100 sur « mobilier et outillage », un amortissement sur approvisionnements de 32 170,60 fr, une dotation à « réserve pour régularisation des frais de production thermique » de 68 818,15 fr.

L'exercice considéré appartenant encore à la période provisoire, le solde est reporté à nouveau, soit 501 588,74 fr.

D'autre part, en ce qui concerne la somme de 100 000 fr inscrite au passif sous la rubrique « prime d'émission des actions nouvelles », le Conseil propose de l'affecter comme suit :

1° L'utiliser, à concurrence de 68 818,15 fr à l'amortisse-

Digitized by Google

ment intégral des frais d'augmentation de capital, frais correspondant précisément à l'émission d'actions ayant donné lieu à la prime dont il s'agit ;

2° Inscrire le surplus, soit 31 181,85 fr au compte nouvellement créé « réserve pour régularisation des frais de production thermique », ayant déjà reçu, d'autre part, une dotation de 93 818,15 fr.

Ce compte provisionnel figurera ainsi au bilan, dès l'origine, pour une somme de 125 000 fr.

Le Conseil rend compte de l'exploitation satisfaisante des premiers mois de l'exercice 1922.

Dans ces conditions, et tenant compte de la longue attente qui a été imposée aux actionnaires, le Conseil, en même temps qu'il propose de reporter à nouveau le solde bénéficiaire de l'exercice 1921, a jugé opportun de mettre dès maintenant en paiement un acompte à valoir sur le dividende, pour l'exercice 1922, des actions privilégiées.

Cet acompte, fixé à 12,50 fr par action privilégiée entièrement libérée, et à 3,125 fr par action privilégiée nouvelle libérée d'un quart, est mis en paiement, sous déduction des impôts résultant des lois de finances, depuis le 1er août.

BILAN AU 31 DÉCEMBRE 1921.

Actif.

	fr
Apports	1 600 000 »
Frais d'augmentation de capital	68 818,15
Dépenses d'installations	25 939 347,63
Mobilier et outillage	156 485,18
Portefeuille	1 614 502 »
Approvisionnements	85 613,30
Caisses et banques :	
Disponibilités immédiates	724 793,51
Disponibilités à court terme	371 500 »
Débiteurs divers :	
Actionnaires	1 868 062,50
Divers	860 866,23
Frais d'émission et prime de remboursement des obligations	2 273 954,55
Comptes d'ordre	136 835,55
	35 640 780,90

Passif.

	fr
Capital :	
4360 actions privilégiées et 6 406 actions ordinaires, au total 50 000 actions de 250 fr.	12 500 000 »
20 000 obligations 6 pour 100 de 500 fr. 1re série.	10 000 000 »
20 000 — — 2e série.	10 000 000 »
Créditeurs divers	1 891 986,67
Coupons d'obligations	400 000 »
Provision pour renouvellement des installations.	93 612,91
Prime d'émission des actions nouvelles	100 000 »
Réserve pour régularisation des frais de production thermique	93 818,15
Comptes d'ordre	58 774,13
Profits et pertes	502 588,74
	35 640 780,90

Etablissements Gaiffe-Gallot et Pilon (Société anonyme).

ASSEMBLÉE GÉNÉRALE ORDINAIRE DU 18 JUILLET 1922.

Les comptes de l'exercice 1921 présentent un bénéfice de 666 666,93 fr, presque identique à celui de l'année dernière.

Le résultat de cet exercice aurait été encore plus satisfaisant si la société n'avait pas été victime d'abus de confiance de la part de son ancien chef-comptable, qui est actuellement entre les mains de la justice.

Cet exercice est en progression notable, tant comme chiffre d'affaires que comme commandes, sur l'exercice 1920.

Cette progression est due à la mise-en route, dès le début de l'année, de l'usine de la rue Lacordaire, dont le Conseil avait annoncé l'acquisition lors de la dernière assemblée générale.

Dès le mois de mars 1921, les nouveaux ateliers pouvaient répondre aux ordre sans cesse croissants de la clientèle. Bien plus, dès le mois de mai, la société sortait sa première installation de radiothérapie profonde fonctionnant sous 200 000 v.

Le Conseil appelle l'attention des actionnaires sur l'importance très grande de ce nouvel appareillage créé pour la lutte contre le cancer. La longue suite d'études, d'expériences et de mise au point qui a présidé à sa création a permis à la société de réaliser un appareil qu'elle estime être, grâce à ses dispositions entièrement originales, supérieur à ce qui se fait à l'étranger, notamment en Allemagne.

Elle a été récompensée de cet effort par le grand succès qu'elle a obtenu, tant en France qu'à l'étranger. A ce jour, plus de 60 appareils ont été commandés; certains ont été livrés en Espagne, Hollande, Danemark, Amérique du Sud.

Elle a agrandi son usine de tubes à rayons X à Asnières, pour répondre à la demande toujours plus grande de tubes Coolidge, non seulement du type ordinaire, mais encore des deux nouveaux modèles créés par elle pour fonctionner sous 200 000 v et même sous tensions supérieures.

Le chiffre de commandes a été sans cesse croissant, grâce au développement des services techniques.

Pendant le cours de l'exercice 1921, la compagnie a réalisé, dans des conditions satisfaisantes, la vente de son usine de la rue Wurtz, vente annoncée lors de l'assemblée générale du 21 juin 1921.

Dans cette assemblée, les actionnaires avaient confirmé, en tant que de besoin, l'autorisation de créer pour 3 000 000 fr de bons. On a utilisé cette autorisation pour la création de 2 000 000 fr de bons à 7 pour 100. Au 31 décembre 1921, 871 500 fr de ces bons étaient déjà placés.

La diminution des bénéfices disponibles en comparaison avec l'exercice précédent est de 30 486,07 fr.

Malgré le dommage occasionné par les détournements déjà signalés, le bénéfice brut s'est élevé à 2 123 251,06 fr contre 1 559 889,90 fr en 1920.

Dont il y a lieu de déduire les frais généraux et les intérêts divers s'élevant à 1 456 584,13 fr.

Le produit brut de l'exercice atteint 666 666,93 fr, sur lequel on a prélevé les amortissements suivants : sur portefeuille titres, 10 000 fr; sur matériel et outillage, 70 000 fr; sur mobilier et automobiles, 15 000 fr; pour le transport des anciennes usines à la rue Lacordaire, 137 197,67 fr; pour les frais et prime d'émission des bons décennaux, 27 300,60 fr.

Le bénéfice net de l'exercice 407 168,66 fr, augmenté du solde reporté des exercices précédents 1062,10 fr, se répartit de la manière suivante :

5 pour 100 à la réserve légale, un dividende de 5 pour 100, aux tantièmes statutaires 28 021,53 fr, aux parts bénéficiaires 20 pour 100 sur 186 810,23 fr, un dividende supplémentaire de 3 pour 100.

Le report à nouveau est de 1 050,76 fr.

Le dividende est payé à partir du 1er août, contre remise du coupon n° 5 pour les actions, et du coupon n° 3 pour les parts, savoir :

Aux actions nominatives, 36 fr net; aux actions au porteur, 35 fr net; aux parts de fondateur, 33,65 fr net.

Digitized by Google

BILAN AU 31 DÉCEMBRE 1921.

Actif.

		fr
Fonds de commerce		160 000 »
Installations :		
Usine d'Asnières et Siège social		1 »
Terrains et constructions Arcueil		305 940,10
Terrains et constructions rue Lacordaire		3 834 649,90
Mobilier et outillage :		
Usine d'Arcueil	50 561,75	
Usine d'Asnières	158 100,20	
Usine rue Lacordaire	367 547,88	
	576 209,83	
Amortissements	102 855,75	
		473 354,08
Mobilier et automobiles		99 573,05
Caisses et banques		125 197,03
Débiteurs divers		1 915 312,07
Versements faits sur commande		23 108,65
Marchandises fabriquées et en cours de fabrication		2 484 474,59
Portefeuille-titres		21 250 »
Loyer d'avance et cautionnements		32 204,10
Impôts de finance à recouvrer		29 035,14
Transport des anciennes usines à la rue Lacordaire		137 197,67
Frais et prime d'émission des bons décennaux		27 300,60
		10 314 278,58

Passif.

	fr
Capital	4 000 000 »
Bons décennaux (émission 1921)	851 500 »
Réserve légale	31 674,70
Fonds de prévoyance	40 000 »
Avances reçues sur commandes	291 993,25
Fournisseurs et divers	592 926,01
Créanciers	1 800 000 »
Créancier à terme : société Nilmélior	2 000 000 »
Coupons arriérés (actions)	18 894,59
Profits et pertes, solde reporté	10 624,10
Bénéfice de l'exercice	666 666,93
	10 314 278,58

Ateliers de Constructions électriques de Charleroi.

ASSEMBLÉE GÉNÉRALE ORDINAIRE DU 27 MAI 1922.

L'exercice 1921 a donné des résultats satisfaisants grâce aux commandes qui avaient été prises. Néanmoins, durant les derniers mois, l'influence grandissante des facteurs économiques défavorables pèsent actuellement sur les affaires.

Le taux des salaires élevés et la réduction des heures de travail maintiennent à un niveau élevé le prix de revient, rendant difficile la lutte contre les concurrents étrangers déjà favorisés par leur change déprécié. La situation est rendue plus sérieuse encore par le fait que de nombreux débouchés extérieurs se ferment aux exportations de la société par l'établissement de droits de protection élevés alors que les tarifs belges ne lui permettent pas de lutter à armes égales sur son propre marché.

La société a continué la réfection de ses usines et la remise en état du matériel détérioré par l'ennemi pendant la guerre. La procédure entamée en vue de la reconnaissance des dommages qu'elle a subis n'est pas terminée. Elle a obtenu jusqu'à présent une indemnité provisionnelle de 10 800 000 fr et espère qu'il sera bientôt statué définitivement sur ses réclamations. Elle a poursuivi également les travaux d'agrandissement et de transformation entrepris en 1920 dans ses différentes divisions et les a menés à bonne fin.

A Charleroi, elle a terminé la construction des nouveaux halls des ateliers, ce qui lui a permis de grouper plus avantageusement ses fabrications et d'obtenir ainsi une meilleure organisation de travail. Elle a également terminé l'installation de la fabrique de tubes et de matériel isolant, ainsi que la nouvelle aciérie électrique.

A Ruysbroeck, elle a complété son outillage et achevé l'organisation des divisions de petits moteurs et de signalisation pour chemins de fer et mines.

Elle s'est, d'autre part, efforcée particulièrement d'accroître ses débouchés tant à l'intérieur qu'à l'extérieur du pays. C'est ainsi qu'elle a créé des agences et des dépôts de matériel à l'étranger, notamment en Angleterre, en Hollande, en Suisse, au Brésil et dans le grand-duché de Luxembourg. En Belgique même, elle a organisé de nombreux bureaux de vente régionaux où ses clients peuvent trouver en stock le petit matériel courant et recevoir toutes indications et devis pour les fournitures plus importantes.

Parmi les machines de grande puissance spécialement intéressantes exécutées au cours de l'exercice écoulé, il faut signaler :

Deux alternateurs-volants de 6 600 à 8 000 kw, 6 000 v, attaqués par des moteurs à gaz de hauts fourneaux.

Une génératrice à courant continu de 5 000 kw, 550 v, commandée également par moteur à gaz.

Une installation complète de train-blooming d'une puissance de 15 000 ch. Ce train, l'un des plus forts qui existent, est actuellement en service aux usines de la Providence.

Les bénéfices de 1921, y compris le report de 335 607,52 fr de l'exercice précédent, se sont élevés à 5 891 055,18 fr. Après déduction des intérêts des obligations, il reste un solde net de 5 767 895,18 fr qui se répartit comme suit : 5 pour 100 à la réserve légale, un dividende de 5 pour 100 au capital versé, 10 pour 100 au Conseil d'administration, un deuxième dividende de 5 fr par titre aux actions. Le report à nouveau est de 224 994,88 fr. Le dividende de 17,50 fr est payable sous déduction de la taxe de 10 pour 100.

BILAN AU 31 DÉCEMBRE 1922.

Actif.

	fr
Bâtiments, machines et outillages des usines de Charleroi-Marcinelle, Charleroi-La Villette et Ruysbroeck	36 827 893,95
Terrains acquis à Marcinelle, à La Villette et à Ruysbroeck	1 912 817,21
Frais d'augmentation de capital	376 990,40
Actionnaires	5 891 225 »
Caisse, banquiers, effets à recevoir	1 589 631,43
Cautionnements	2 158 540,50
Participations et portefeuille	178 746,12
Débiteurs	22 795 185,56
Approvisionnements, fabrication, travaux en cours	59 956 727,27
Dommages de guerre :	
Réquisitions (prix 1914) et restauration des usines	15 163 618,14
Garanties déposées par divers	28 300 »
Cautionnements de MM. les administrateurs et commissaires	Mémoire
	146 879 677,88

Passif.

	fr
Capital :	
320 000 actions de 250 fr	80 000 000 »
dont 29 058 750 fr représentent la plus-value résultant de la réévaluation des immobilisations.	
Réserve légale	623 988,80
Obligations	2 981 500 »
Coupons à payer et titres à rembourser	298 646,01
Créditeurs divers	22 638 000,09
Provisions reçues sur travaux en cours	32 134 974,75
Banquiers : dépôts de cautionnements	1 510 200 »
Dommages de guerre :	
Avance provisionnelle sur dommages de guerre	10 895 203,15
Garanties déposées par divers	28 300 »
Cautionnements de MM. les administrateurs et commissaires	Mémoire
Solde du compte de profits et pertes :	
Bénéfice à répartir	5 767 895,18
	146 879 677,88

Digitized by Google

SECTION DE LÉGISLATION

La distribution des réserves dans les sociétés par actions

Arrêt du 6 mars 1922 rendu contre une société concessionnaire

Deux administrations fiscales, celle de l'Enregistrement et celle des Contributions directes, se disputent l'honneur de revendiquer les droits du fisc, quand il y a une distribution des réserves sous forme d'actions. Un arrêt récent, de la Cour de Cassation, rendu à la requête de la première préoccupe les sociétés par actions considérées comme personnes morales. Un arrêté du Conseil de Préfecture du département de la Seine paraîtrait soulager plutôt les simples particuliers qui reçoivent le bénéfice de la distribution. Mais cette dualité entraîne une certaine confusion dans les esprits : on voudra bien considérer cet article comme une vue d'ensemble.

I. — **Principes en ce qui concerne les sociétés par actions.** — Quand un actionnaire reçoit une somme des mains de la personne morale que constitue toute société par action, la loi du 29 juin 1872 autorise la Régie à réclamer à cette société le paiement d'un droit fiscal, dit « impôt sur le revenu des valeurs mobilières » : l'article premier de cette loi ne laisse aucun doute « ... une taxe annuelle et obligatoire est créée sur les... dividendes, revenus et tous autres *produits des actions* de toute nature, des sociétés, quelle que soit l'époque de leur création ». Cet impôt, créé après nos malheurs de 1870, était l'ébauche d'une législation fiscale qui, destinée à englober tous les revenus des français, n'a eu qu'en 1914 et en 1917 sa pleine éclosion, par la loi du 15 juillet 1914 et celle du 31 juillet 1917. Mais le mot revenu qui se trouve dans toutes ces lois provoque un certain trouble si l'on n'a pas soin de donner à chacune son titre bien exact : le texte de 1872 se dénomme : loi relative à un impôt sur le revenu des *valeurs mobilières* ; le texte du 15 juillet 1914 (article 5) édicte un *impôt général sur le revenu* ; et celui du 31 janvier 1917 établit un impôt sur diverses *catégories de revenus*, appelé « impôt cédulaire ».

Comme l'Administration de l'Enregistrement (dont le contentieux est dévolu à la juridiction civile) exerce le contrôle des sociétés par actions, il n'est pas étonnant qu'elle se soit adressée à la Compagnie impériale et continentale de l'Eclairage par le Gaz, dans les circonstances suivantes. Cette société anglaise, soumise à l'impôt de la loi de 1872, après avoir constaté la plus-value prise par ses immeubles sociaux, avait décidé de transformer cette plus-value en une augmentation de capital et de procéder à la distribution des actions nouvelles. Elle avait réalisé une mesure exactement contraire à celle qui s'impose, malheureusement, aujourd'hui à bien d'autres sociétés dont l'actif a baissé d'une façon considérable : il est alors nécessaire pour mettre en harmonie les écritures de l' « avoir » et du « doit » de réduire le capital.

La société dont nous nous occupons, au lieu de *niveler par le bas*, avait la chance de pouvoir *niveler par le haut*, en surélevant le capital, pour qu'il fut à égalité de la ligne qui, dans le bilan, lui fait face.

Et elle avait réparti le nombre d'actions ainsi créées entre les actionnaires existant à ce moment même, suivant une proportion variant d'après le nombre d'actions possédées.

L'Administration de l'Enregistrement s'était écriée : « vous faites une distribution de bénéfices ; retenez à chaque actionnaire, si vous le voulez, le montant du droit prévu par la loi du 29 juin 1872, à l'occasion de la réception par le dit actionnaire de tout produit des actions ; mais exécutez vis-à-vis du Trésor l'obligation qui vous incombe d'en faire l'avance. Aujourd'hui l'impôt est fixé à 10 pour 100 par l'article 50 paragraphe premier de la loi du 25 juin 1920. »

La Compagnie impériale et continentale du Gaz avait résisté et s'était fait laisser décerner une contrainte, à laquelle elle avait fait opposition devant le Tribunal civil de Lille ; cette juridiction (le fait est assez rare pour être remarqué) avait repoussé la réclamation de l'Enregistrement et annulé la contrainte : les motifs étaient très précis : quand une société, dit le tribunal, donne à un actionnaire un titre d'une valeur nominale déterminée, elle ne décaisse en réalité aucune somme que l'on puisse appeler un « fruit » ou un « revenu », surtout quand elle agit dans le but (comme c'était le cas dans l'espèce) de régulariser des écritures ; l'action remise ne modifie pas le droit de l'actionnaire dans l'actif social. Ou bien la plus-value existe réellement : et alors la répartition s'opérera au prorata des actions possédées, à l'époque de la réalisation de tous les biens, alors même qu'aucun titre nouveau n'aura été créé. Ou bien cette plus-value est factice et provient d'une erreur même commise de très bonne foi : le papier délivré n'aura point de valeur... si ce n'est pour celui qui, avec habileté, aura su s'en défaire immédiatement. Et l'on soulignait encore la différence entre le cas considéré et

Digitized by Google

l'opération consistant dans la simple distribution de réserves que chaque bénéficiaire peut alors placer comme il l'entend. Les sommes se trouvent, dès qu'elles sont sorties de la caisse sociale, exemptes des aléas sociaux : l'idée de revenu, de fruit, de bénéfice devient évidemment plus tangible. Elle n'est pas compatible avec l'aumentation du capital telle qu'elle a été envisagée.

Ainsi se résume l'opinion du premier juge émise à Lille dans le jugement du 17 mai 1912.

Eh bien, je n'hésite point à dire que ceux qui connaissent les tendances fiscales de la Cour de Cassation n'avaient aucun doute : le jugement de Lille serait cassé par le juge suprême. Et cette cassation a été faite sur le rapport du conseiller Fabry, les conclusions de l'avocat général Matter, suivant l'arrêt dont nous reproduisons ci-dessous la rédaction faite par le premier président Sarrut (le sommaire se trouve dans le « Recueil des Questions fiscales », juillet 1922, p. 200).

Vu l'article premier, n° 1 de la loi du 29 juin 1872;

Attendu que cet article a établi une taxe annuelle sur les intérêts, dividendes, revenus et tous autres produits des actions de toute nature des sociétés, compagnies ou entreprises quelconques, financières, industrielles, commerciales ou civiles, que cette disposition est générale et qu'elle comprend, sans distinction d'origine, toutes les sommes et valeurs qui, entrées dans la caisse sociale, sont distribuées aux actionnaires à un autre titre que celui du remboursement de leur apport; qu'elle est donc applicable à l'augmentation du patrimoine commun, dès l'instant que la société attribue aux actionnaires l'excédent de valeur dont le fonds social a bénéficié ;

Attendu que, d'après l'article 3, paragraphe 3 du décret du 6 décembre 1872, portant règlement d'administration publique, pour l'exécution de la loi susvisée, les sociétés, compagnies et entreprises étrangères dont les titres ne sont pas cotés, mais qui ont pour objet des biens, meubles et immeubles situés en France, doivent la taxe sur le revenu à raison des valeurs françaises qui en dépendent et acquittent cette taxe d'après une quotité du capital social fixée par le ministre des finances, sur l'avis préalable d'une commission instituée à cet effet ;

Attendu que la Compagnie impériale et continentale du Gaz, société anonyme anglaise, exploitait des usines en France et que deux décisions ministérielles du 30 avril 1902 et du 24 mai 1905 ont fixé la quotité imposable de son revenu ;

Attendu qu'une assemblée générale de ses actionnaires, tenue à Londres le 1er mai 1906 a constaté que les immeubles et le matériel figurant au bilan du 31 décembre 1905 pour la somme de 27053 26 livres avaient une valeur de 39285 63 livres; qu'elle a décidé qu'en conséquence que, sur cette plus value, la somme de 1 140 000 livres serait affectée à l'augmentation du capital social par la création d'un nombre égal d'actions d'une livre, qui seraient réparties entre les actionnaires proportionnellement au nombre d'actions déjà en leur possession à raison de trois actions d'une livre par action de 10 livres;

Attendu que l'Administration de l'Enregistrement a réclamé, par voie de contrainte, au sieur Delbecque, représentant responsable de la Compagnie impériale et continentale du Gaz, la somme de 133798 fr montant de la taxe sur le revenu exigible d'après elle sur la réalisation de cette opération et dont elle a consenti à déduire la somme de 25968 fr perçue en trop lors de la liquidation des taxes acquittées antérieurement ;

Attendu que, sur l'opposition de la société, le jugement attaqué a annulé la contrainte par le motif que la somme de 1 140 000 livres n'était, à aucun moment, sortie des caisses de la société, que la quotité du droit indivis de chaque actionnaire dans l'actif social n'avait pas été modifiée et que, par suite, il n'avait retiré aucun avantage de la répartition des nouvelles actions. Mais attendu que l'opération dont il s'agit a eu pour conséquence de faire immédiatement passer dans le patrimoine des actionnaires, sous la forme d'actions nouvelles dont ils avaient la libre disposition, une partie de l'excédent de la valeur du fonds social ;

Attendu que la remise de ces titres, qui leur étaient attribués proportionnellement aux actions anciennes par eux possédées, n'a été accompagnée d'aucun versement prélevé sur leurs fonds personnels; qu'elle constituait donc, pour eux, une distribution de produits soumis à la taxe qui, étant perçue dès ce moment ne devait plus être exigible, lors de la liquidation de la société, sur le remboursement de la valeur représentée par ces actions ; attendu qu'en décidant le contraire, le jugement attaqué a violé l'article ci-dessus visé; par ce motif casse le dit jugement.

Il ne faut point perdre de vue, en effet, que la Cour suprême s'est fait une conception, obstinée, invariable et... très simple de la loi de 1872 : et cela la dispense de faire de longues recherches. Quand une société attribue à l'actionnaire une somme quelconque, la seule question qui est à poser est la suivante. Cette somme ou valeur est-elle le remboursement ou la restitution d'une somme ou valeur versée par l'actionnaire ? S'il a versé, il reprend ; c'est son droit et, par conséquent, l'exemption fiscale est de rigueur. En dehors de toute autre hypothèse, la perception fiscale est exigible.

Et la preuve du remboursement doit être donnée d'une façon rigoureuse : on devra dire à quel moment et sous quelle forme la somme, aujourd'hui restituée, a été versée : s'il existe un excédent quel qu'il soit, il y a un revenu, un bénéfice, un produit qui est taxable.

Et cette conception fiscale est tellement ancrée dans le milieu judiciaire et dans le monde législatif, que la Régie n'a pas eu de peine à obtenir du Parlement, à la date du 13 juillet 1911, une loi d'extension appliquant la taxe de 1872 aux avantages qui, par suite de dispositions statutaires, sont distribuées aux membres des conseils d'administration des sociétés visées par la loi de 1872. Sans doute, certaines sociétés très habiles avaient cru prévoir, dans leur pacte social, une clause savante, d'après laquelle des jetons de présence seraient attribués chaque année aux administrateurs, seraient pris sur les bénéfices de la société après les prélèvements légaux et seraient répartis entre tous les membres du Conseil d'administration, d'après la décision prise par celui-ci.

On pouvait dire qu'il y avait paiement d'un salaire, remboursement d'une perte de temps. Le tout simplement prévu par une clause statutaire. Mais la Chambre des Requêtes, a déclaré qu'il n'y avait point salaire proprement dit, mais que les administrateurs avaient fait à la société l'apport de leur science, de leur savoir, de leur expérience industrielle ; et les jetons de présence rémunèrent simplement ledit apport très spécial. Aussi l'arrêt déclare que l'impôt est exigible. (4 janvier 1922 présidence de M. Mérillon ; rapport du conseiller Jauvon ; conclusions de M. l'avocat général Matter ; rejet du pourvoi formé par la Société des Clous au Soleil, contre un jugement du Tribunal civil de la Seine

Digitized by Google

du 13 octobre 1917 rendu au profit de l'Administration de l'Enregistrement, Me Tabareau, avocat ; *Recueil des questions fiscales, loco citato*, p. 200, livraison juillet 1922) ; on voit par toutes ces citations combien est susceptible la Cour de Cassation dans l'intérêt du fisc et l'arrêt du 6 mars dernier ne pouvait surprendre personne.

Et nous ne terminerons point ce sujet sans faire cette remarque évidente : la jurisprudence s'appliquera dans le même sens, et à bien plus forte raison, à ce que l'on appelle pratiquement et en langage ordinaire la distribution des réserves. Si l'hypothèse envisagée par l'arrêt précité est plutôt rare, puisqu'elle a seulement pour but d'amener la parité entre la valeur de l'actif que la société détient et celle du passif qu'elle doit à ses propres membres, il est beaucoup plus fréquent qu'on agisse de la façon suivante : au passif, figurent des sommes qui appartiennent aux actionnaires et ne sont que des fruits ou revenus accumulés ; elles sont incorporées au capital, transformées en titres, et remises à leurs vrais propriétaires. Cette distribution, bien plus encore que dans l'espèce précédente, est celle d'un revenu qui, théoriquement, aurait dû tomber plus tôt entre les mains de l'ayant droit. Sans doute, dans cette éventualité, l'actionnaire aurait payé, à titre d'impôt, un chiffre bien moins élevé : car il est certain que la taxe créée par la loi de 1871 et qui au début ne dépassait pas 3 pour 100 n'a cessé de croître pour arriver au 10 pour 100, d'après la loi du 25 juin 1920.

Mais ces petits détails ne préoccupent en aucune façon le fisc. Le 23 novembre 1920, un député, M. Poitou-Duplessy, soumettait par la voie du « Journal officiel » à M. le ministre des Finances la question suivante : Une société anonyme devait payer à ses actionnaires les dividendes de l'exercice 1913, fixés par l'assemblée générale en 1914 ; mais l'état de guerre avait empêché qu'il fut donné suite à l'exécution de la mesure. Une assemblée générale, en 1919, avait décidé de payer les dividendes de 1913, mais, entre temps, l'impôt sur le revenu avait été augmenté : quel est le tarif qui doit être appliqué : le tarif en vigueur au moment où la résolution de payer avait été prise, ou celui en vigueur au moment où la distribution avait lieu ? Et le ministre répond dans le « Journal officiel » du 14 décembre 1920 : « l'article premier de la loi du 29 juin 1872, dont le principe n'a pas été modifié par les lois subséquentes qui ont augmenté le tarif de l'impôt, établit une taxe annuelle et obligatoire, sur les intérêts, dividendes, revenus et tous autres produits des sociétés. Il résulte de ce texte que la loi frappe directement, non les bénéfices et produits de la société, mais les produits de l'action. Aussi l'exigibilité de l'impôt est-elle subordonnée à la distribution des bénéfices, c'est-à-dire à leur transmission par la société à l'actionnaire. En d'autres termes, le fait générateur de la taxe sur le revenu consiste dans la mise en paiement des bénéfices imposables, quelle que soit l'époque à laquelle ces bénéfices ont été réalisés par la société. La taxe est, par suite, exigible d'après le taux en vigueur à la date de cette mise en paiement qui, dans l'affaire signalée par la question posée, ne s'est produite qu'en 1919.

II. — **Principes en ce qui concerne l'actionnaire.** — Dans ce qui précède, nous avons examiné les droits de l'Administration de l'Enregistrement vis-à-vis de la personne morale qui est tenue de faire l'avance de l'impôt de la loi de 1872, celui-ci étant récupérable par la société sur l'actionnaire lui-même.

Mais nous devons considérer ce dernier dans ses rapports avec l'Administration des Contributions directes, c'est à-dire nous devons le prendre au moment où il fait sa déclaration à l'impôt sur le revenu, conformément à la loi du 15 juillet 1914 (article 16). L'action nouvelle qui lui est remise constitue-t-elle pour lui un revenu ? La question a une importance quelquefois considérable, notamment en ce qui concerne les porteurs d'un nombre élevé d'actions anciennes qui se voient attribuer des nouvelles actions. Si celles-ci constituent un revenu, étant donné le taux rapidement progressif de l'impôt, le déclarant va devenir débiteur du Trésor pour une somme qui ressemble plus à une... amputation qu'à un simple pourcentage. Et il sera obligé d'acquitter sa dette fiscale en beaux deniers comptants, sans pouvoir offrir au Trésor une partie de ses actions. Il faudra donc qu'il les vende : mais s'il les jette sur le marché l'offre abondante va déclencher une baisse rapide... Singulier revenu, en vérité.

Par la voie du « Journal officiel », le Ministère des Finances fut consulté. Il est à peine besoin de dire ce qu'il a répondu. Toutefois, si l'on veut connaître le texte que contient le « Journal officiel », on n'a qu'à ouvrir le numéro du 7 mars où on lit la question posée par M. Jourdon dans les termes suivants : « Quand une société distribue à ses actionnaires des actions gratuites, la valeur nominale desdites actions doit-elle être considérée, au point de vue de la déclaration de l'impôt général sur le revenu, comme un revenu pour l'année de cette opération, ou seulement comme un accroissement de capital dont les revenus supplémentaires seront à ajouter naturellement aux déclarations annuelles futures ». Et le numéro du 11 avril 1922 contient cette réponse : « lorsque des actions sont attribuées à titre gratuit à des actionnaires d'une société par actions, l'opération présente, au point de vue fiscal, le caractère d'une mise en distribution des bénéfices ou des réserves de la société et les intéressés doivent, dès lors, dans leur déclaration relative à l'impôt général sur le revenu, comprendre la valeur effective desdites actions, parmi les revenus de l'année au cours de laquelle ces titres leur ont été délivrés ».

Mais la seule décision judiciaire que nous connaissions sur ce point n'a pas suivi le ministre. Le Conseil de Préfecture de la Seine, le 22 novembre 1920, sous la présidence de M. Grunebaum-Ballin, a rendu un arrêté extrêmement intéressant, mais dont le texte ne

Digitized by Google

peut être compris que si l'on connaît les circonstances qui y ont donné lieu.

Une société avait décidé de procéder, jusqu'à concurrence de *n* millions, à la distribution immédiate des bénéfices réservés antérieurement et au cours de l'exercice ayant pris fin le 30 juin 1914; elle avait décidé, en même temps, que le capital social serait porté de *y* millions à *z* millions et que les actionnaires se trouveraient libérés, jusqu'à concurrence de la quote part revenant à chacun d'eux, d'un nombre d'actions correspondant aux sommes faisant l'objet de cette répartition.

Du rapport de l'administrateur délégué ayant précédé le vote des résolutions de l'assemblée générale, il résultait que cette souscription d'actions nouvelles n'était pas, pour les actionnaires, une faculté, mais une obligation, et qu'ainsi la quote part leur revenant dans la répartition des réserves ne devait, en aucun cas, leur être versée.

Le Conseil de Préfecture paraît bien avoir été impressionné, d'un côté, par cette sorte d'obligation de recevoir une somme que l'actionnaire ne demandait pas et, d'autre part, par la différence existant entre ce versement exceptionnel et la façon dont doivent être compris les termes de l'article 10 de la loi du 13 juillet 1914, dans lequel on lit : « l'impôt est établi d'après le montant total du revenu net annuel dont dispose chaque contribuable ».

Une majoration dans le nombre des titres d'une société possédés par le contribuable, est-elle un revenu « annuel »? Le contribuable en « dispose »-t-il vraiment, alors qu'on lui *impose* sa réception? En tout cas, la solution est intéressante puisque, du moment qu'elle existe, elle couvre la bonne foi de ceux qui, dans des circonstances rigoureusement analogues, n'auraient pas fait leur déclaration.

Il convient toutefois, avant de se réjouir, d'attendre la décision du Conseil d'Etat qui, à notre connaissance du moins, n'est point encore intervenue, et en tous cas n'a pas été publiée.

Dans toutes ces questions il faut se garder d'avoir des convictions basées sur des similitudes : en matière fiscale, surtout, il faut toujours penser au régime des surprises.

Il est bien certain que dans sa décision du 28 janvier 1921, le Conseil d'Etat s'est montré particulièrement large relativement aux gros lots des tirages du Crédit foncier. Alors que, dans une réponse figurant dans un numéro du « Journal officiel » de fin octobre 1917, le ministre des Finances avait déclaré que les lots de valeurs à lots devaient être considérées comme un gain exceptionnel dont il devait être fait état dans la délaration du revenu de l'année, au cours de laquelle ils sont échus aux bénéficiaires, le Conseil d'Etat a admis que l'impôt sur le revenu étant établi sur la personne du contribuable et devant être calculé d'après les sommes que celui-ci reçoit à titre de revenus, les procédés financiers employés par le Crédit foncier pour réunir les fonds destinés au paiement du lot, ne peuvent, qu'elles qu'aient été les combinaisons adoptées par cet établissement, faire envisager ledit lot comme le produit d'une accumulation d'intérêts réservés, ni lui donner par suite pour l'assujettissement à l'impôt général sur le revenu le caractère d'une source prévue par la loi.

Malheureusement, si il est vrai que le Conseil d'Etat, en rendant cette décision, a suivi scrupuleusement les remarquables conclusions qui lui avaient été données par le commissaire du Gouvernement, M. Labouchère, il est non moins vrai que, dans une phrase incidente desdites conclusions, celui-ci avait déclaré qu'il n'émettrait point le même avis, si l'on se trouvait en présence de la distribution des réserves faites par une société anonyme. Il faut donc attendre pour être absolument sûr du principe, une décision émanant de la haute assemblée.

Nous ne terminerons point ce chapitre sans faire une remarque qui est alors essentiellement reposante : elle est relative aux réserves des sociétés en commandite par intérêt. Ces sociétés, comme les autres, sont amenées à attribuer à leurs membres les sommes qu'elles ont accumulées dans les exercices antérieurs. Le ministre des Finances a reconnu (voir *Journal officiel* de fin novembre 1921), en réponse à la question du député Maillard que, « dans le cas d'une société en commandite simple, les bénéfices affectés aux réserves doivent être considérés comme ayant été mis à la disposition des gérants et des commanditaires, dans l'année où ils ont été constatés par les écritures comptables et ils doivent être compris dans les bases de l'impôt général sur le revenu dû par les intéressés au titre de l'année suivante. Ils n'ont donc plus à figurer dans les déclarations ultérieurement souscrites par les associés dans le cas où les réserves viendraient à être distribuées ou affectées à une augmentation de capital. »

Tel nous paraît être, à ce jour, l'ensemble des questions que soulève la répartition, dans les diverses sociétés, des réserves.

Paul Bougault,
Avocat à la Cour d'Appel de Lyon.

ERRATUM

Au sujet de l'article sur « Les nouvelles règles allemandes d'unification concernant les machines et transformateurs », publié dans la « R. G. E. » du 7 octobre 1922, t. XII, p. 528, une mauvaise interprétation des corrections a fait écrire, comme signature, A. Hausson dans le texte, et A. Husson dans le sommaire. C'est A. Hansson qu'il faut lire.

Digitized by Google

REVUE GÉNÉRALE DE L'ÉLECTRICITÉ

Organe de l'Union des Syndicats de l'Électricité

réunissant

LA REVUE ÉLECTRIQUE 1904-1916 — LA LUMIÈRE ÉLECTRIQUE 1879-1916

DIRECTEUR : J. BLONDIN, Agrégé de l'Université.

6e ANNÉE. — TOME XII. — N° 16. — 21 OCTOBRE 1922.

Chronique. — Au sujet de l'unification de la puissance des moteurs synchrones et asynchrones. — Nécrologie : Gisbert Kapp. — Bibliographies : Annuaire de la production métallurgique et mécanique de Lyon et de la région ; Manuel pratique du moteur Electricien 1922, par J. LAFFARGUE et L. JUMAU ; Cahier des charges pour les distributions d'énergie, décret du 28 juin 1921, par Paul BOUGAULT ; Recensement provisoire des forces hydrauliques du royaume des Serbes, Croates et Slovènes ; Méthode mnémonique pour apprendre l'alphabet Morse, par Antony BRUYANT ; L'impôt sur le revenu (les grandes lignes de la réforme fiscale. Esquisse d'une politique fiscale démocratique), par Louis COPIN ; Memento à l'usage des gradés et des sapeurs du régiment du génie, des téléphonistes et des radiotélégraphistes des régiments d'infanterie et d'artillerie, par J. JACOB ; Installations électriques industrielles, choix du matériel, par R. CABAUD ; Introduction au calcul tensoriel et au calcul différentiel absolu, par G. JUVET, p. 577-580.

Section scientifique et technique. — De l'influence de la fréquence du courant sur le fonctionnement des moteurs asynchrones, par Adr. CURCHOD, p. 581 — Sur la détermination de la longueur d'onde optimum pour une radiocommunication donnée, par L. BOUTHILLON, p. 585. — Revues, analyses et informations : Radioactivité, p. 587 ; Electrons de rayons X, p. 591 ; Sur le redressement des courants, p. 592.

Section industrielle. — Sur la vérification du branchement des compteurs à haute tension par Ch. DEVANT, p. 595. — L'usine hydroélectrique de L'Isle-Jourdain (Vienne) ; Les installations électriques de la Société des Forces motrices de la Vienne, par J. REYVAL, p. 597. — Revues, analyses et informations : Détermination de l'élévation de température des moteurs sous charges de courte durée, p. 607 ; Bobines de résonance pour télégraphie sans fil, p. 609.

Section économique et financière. — Assemblées générales : Union d'Electricité, p. 611 ; Compagnie française des Tramways électriques et Omnibus de Bordeaux, p. 613 ; Compagnie parisienne de Distribution d'Electricité, p. 614.

Section de législation. — Législation, jurisprudence, réglementation : Arrêt du Conseil d'Etat concernant les permissions de voirie, p. 615 ; Loi modifiant l'article premier de la loi du 1er juillet 1905, relative à l'application en France des conventions internationales concernant la propriété industrielle, p. 615 ; Sur la fourniture de l'énergie électrique aux réseaux communaux par les propriétaires de lignes de transmission concédées par l'Etat au titre de services publics, p. 616 ; Sur l'application de la loi sur les bénéfices de guerre, p. 616.

Au sujet de l'unification de la puissance des moteurs synchrones et asynchrones. —

Nous recevons à ce sujet la note suivante :

Un article sur « l'Unification du matériel électrique » paru dans la « Revue Générale de l'Electricité » le 17 juin dernier, sous la signature de M. Mathivet, ingénieur en chef des Mines de Nœux, avait examiné les caractéristiques qu'il y aurait lieu d'adopter uniformément pour permettre aux constructeurs de matériel électrique une fabrication aussi économique que possible et favoriser, par des prix de revient de plus en plus bas, le développement de l'outillage industriel national et l'application généralisée de l'électricité.

Bien que des commissions, particulièrement qualifiées, de diverses associations corporatives de producteurs et de consommateurs, se soient déjà occupées de la question, il a paru intéressant à certains constructeurs de répondre à l'initiative de M. Mathivet et de provoquer sur ce sujet une conférence où seraient représentées les principales firmes productrices du matériel électrique, et certains de leurs plus gros clients, en l'espèce, les mines du Nord et du Pas-de-Calais.

Cette réunion a eu lieu le 13 septembre dernier dans les bureaux du Service administratif de la Compagnie des Mines de Vicoigne, Noeux et Drocourt, 53, rue de Châteaudun, à Paris (1).

M. Mathivet rappelle les idées directrices qui l'ont amené à attirer l'attention du public électricien sur la question de l'unification du matériel électrique.

Il dit sa foi dans cette idée nouvelle et étaye sa conviction sur les résultats déjà obtenus en la matière par la normalisation presque rigoureuse du matériel électrique de traction et par l'unification partielle des types de transformateurs.

N'envisageant, pour le moment, que les moteurs de puissance inférieure à 300 ch, il signale, à titre d'exemple, que,

(1) Etaient présents : MM. Lahoussaye et Jaula, ingénieurs, représentant le Comité technique du Groupement des Houillères Victimes de l'Invasion ; M. Darphin, ingénieur en chef des Travaux du jour de la Compagnie des Mines d'Anzin ; M. Mathivet, ingénieur en chef des Travaux du jour de la Compagnie des Mines de Vicoigne, Noeux et Drocourt ; M. Vieu, secrétaire du Conseil d'Administration de la Compagnie des Mines de Vicoigne, Noeux et Drocourt ; M. Belfils, ingénieur, représentant la Société alsacienne de Constructions mécaniques ; M. Jouannaud, ingénieur, représentant la Maison Bréguet ; M. Bouygue, ingénieur, représentant la Compagnie Electro-Mécanique ; MM. Demany et Puig, ingénieurs, représentant les Forges et Ateliers de Constructions électriques de Jeumont ; M. Callou, ingénieur, représentant la Compagnie générale électrique de Nancy ; MM. Roidot et Rossignol, ingénieurs, représentant la Maison Schneider et Cie ; MM. Koch et Léonard, ingénieurs, représentant la Compagnie française pour l'Exploitation des Procédés Thomson-Houston.

Digitized by Google

dans une affaire de l'importance de la Compagnie des Mines de Noeux, il y a environ 200 de ces moteurs en service, d'origine et de puissance très diverses ; il indique les mesures déjà prises pour arriver à l'unification des types et à la détermination des puissances unifiées.

Dans cette vue, la Compagnie des Mines de Noeux a définitivement arrêté son choix sur les types ci-après.

A. Moteurs de puissance inférieure ou égale a 100 chevaux. — (Moteurs asynchrones) :

Moteurs basse tension 200 v, 50 p : s

3 ch	5 ch	10 ch	15 ch
1 500 t : mn	1 500 t : mn	1 500 t : mn	1 500 t : mn

25 ch	35 ch	50 ch
750 t : mn	750 t : mn	et 750 t : mn

Moteurs haute tension 3 000 v, 50 p : s

100 ch, 500 t : mn

B. Moteurs de puissance supérieure a 100 chevaux. — (Moteurs synchrones ou asynchrones synchronisés) :

150 ch	200 ch	300 ch
500 t : mn	500 t : mn	500 t : mn

Il semble que, par une entente entre les mines, on puisse arriver à réaliser, pour leurs besoins communs, une série unique dans laquelle la série individuelle des mines de Noeux viendrait évidemment se confondre, après modifications appropriées.

Généralisant cette idée, on pourrait concevoir, dans l'avenir, la création d'un « Comptoir des Moteurs » dont la nécessité industrielle, au moins en ce qui concerne l'abaissement des prix de revient, pourrait se justifier tout aussi bien que celle d'organismes analogues déjà existants.

Diverses objections furent présentées à cette généralisation : suppression de la concurrence, diminution de la personnalité du constructeur, abandon des situations acquises du fait des études antérieures, ou des brevets déjà pris, etc.

Il ne parut donc pas à l'Assemblée que la question prise sous cet angle fût encore suffisamment mûrie ; mais revenant au but initial de la réunion qui était de rechercher l'unification des moteurs d'usage courant employés dans les mines, elle estime que, dans cette voie, on pourrait arriver assez rapidement à des résultats pratiques.

Il est incontestable en effet que, dans la plupart des exploitations minières, les broyeurs à mortier, les monte-charges, les culbuteurs, les ventilateurs et les compresseurs, par exemple, correspondent à des puissances qui, si elles diffèrent d'une mine à l'autre, peuvent être renfermées assez facilement dans un certain nombre de types définis ; l'élaboration d'une série unique pour ces divers moteurs pourrait facilement être obtenue, grâce à une consultation d'ensemble des intéressés, exploitants et constructeurs.

Le Groupement des Houillères Victimes de l'Invasion, par l'organe de ses représentants, accepte de se charger de cette double consultation.

Il est donc convenu que le Groupement s'adressera,

— d'une part, aux mines, pour obtenir d'elles la série des types de moteurs d'usage courant qu'elles emploient.

— d'autre part, aux constructeurs pour obtenir d'eux les caractéristiques des divers moteurs qu'ils produisent. Du rapprochement des résultats élémentaires de chacune de ces consultations résultera l'élaboration de deux séries générales : série des moteurs employés, série des moteurs construits.

Le rapprochement de leurs divers termes pourra être singulièrement instructif et l'unification des puissances, pour les besoins principaux en moteurs d'usage courant, se trouvera ainsi logiquement préparée ; son application fera l'objet, le cas échéant, d'un nouvel échange de vues entre les mines et les constructeurs.

Nécrologie: Gisbert Kapp. — En sa demeure de Birmingham, le 10 août dernier, décédait Gisbert Kapp, universellement connu dans le monde électricien, par ses nombreux travaux.

Né à Vienne, d'une mère écossaise, le 2 septembre 1852, il passa sa jeunesse en Angleterre où il s'éprit de la vie, des idées et des manières anglaises. Il se consacra à la mécanique et contribua au progrès des pompes centrifuges Allens et autre genre de pompes.

En collaboration avec le colonel Crompton, à Chelmford, en 1882, il inventa l'enroulement compound pour les générateurs à courant continu. Deux années plus tard, il quittait M. Crompton et s'installait à Westminster comme ingénieur conseil. Il s'associa ensuite avec MM. Johnson et Philipps et exécuta les projets de nombreuses stations génératrices parmi lesquelles il y a lieu de citer la station de Saint-Pancras.

Lorsque, en 1888, apparurent les brevets de Tesla, Kapp discerna immédiatement leur grande portée industrielle. Il contribua dans une grande mesure à l'orientation des idées de MM. Dobrowolsky et C.-E.-L. Brown.

Possédant à fond la théorie du courant alternatif, il a su, dans ses ouvrages, la présenter sous une forme claire et facilement compréhensible pour les lecteurs.

A l'issue de l'exposition d'électricité qui s'est tenue à Francfort, en 1891, et au cours de laquelle Kapp avait fait une très intéressante démonstration au sujet de la transmission de l'énergie électrique à une distance de 100 km, sous une tension de 30000 v, au moyen du système triphasé de Tesla, il lui fut proposé de remplir les fonctions de secrétaire général de la Société des Ingénieurs électriciens allemands.

Il s'aperçut par la suite que cet emploi ne convenait pas à sa très grande activité ; aussi accepta-t-il avec empressement lorsque, sur la proposition de Sylvanus P. Thompson, sir Oliver Lodge lui offrit une chaire de professeur à l'Université de Birmingham.

Il y organisa entièrement la section d'électricité et publia à cette occasion un traité intitulé « Principes of Electrical Engineering » qui fut son dernier ouvrage.

Sa grande valeur et ses intéressants travaux valurent à Kapp de nombreuses distinctions honorifiques. Il était titulaire de la médaille Telford, promu Honorary Doctor of Engineering et président de la « British Institution of Electrical Engineers » et de la « Engineering Section of the British Association for the Advancement of Science ». — M.-H. B.

Bibliographie : Annuaire de la production métallurgique et mécanique de Lyon et de la région (1). — La

(1) Un volume, format 24,5 cm × 18,5 cm, 200 pages, édité par la Chambre syndicale des Industries métallurgiques et connexes du Rhône et de la Région, 36, rue Molière, Lyon. Prix : cartonné, 8 fr, franco.

Digitized by Google

Chambre syndicale des Industries métallurgiques de Lyon et de la Région vient de faire paraître son premier annuaire.

C'est un beau volume de 200 pages dans lequel ont été réunis les renseignements divers suivants : la formation, l'histoire et le but de la Chambre syndicale, un extrait de ses statuts, la liste de ses membres présentée sous trois formes différentes : par classement alphabétique des noms, par groupes de fabrication et par liste alphabétique des fabrications. Ce livre se termine par quelques pages sur la presse technique française.

L'électricité étant comprise dans les industries auxquelles s'intéresse la Chambre syndicale des Industries métallurgiques et connexes du Rhône et de la Région, nous avons pensé être agréable à nos lecteurs en leur signalant ce nouvel annuaire susceptible de leur rendre quelques services. — B. E.

Bibliographie : Manuel pratique du monteur électricien, 1922, par J. Laffargue et L. Jumau (1). — Cet ouvrage, qui en est à sa dix-neuvième édition, a pris une place importante parmi les ouvrages pratiques d'électricité industrielle, par suite des services qu'il a rendus et qu'il est amené à rendre encore. Le développement constant des applications industrielles de l'électricité nécessite, de la part des praticiens, une connaissance de plus en plus étendue des appareils qu'ils construisent ou qu'ils utilisent ainsi que l'explication de leur fonctionnement Les ouvrages excellents qui traitent ces questions dans toute leur rigueur ne conviennent pas ici, car l'ouvrier n'a pas les connaissances générales nécessaires pour en comprendre tous les raisonnements et les formules. C'est, au contraire, le but que s'est posé et qu'a atteint le *Manuel pratique du monteur électricien*, dans lequel M. Jumau a su rendre compréhensible à tous les parties les plus ardues de la technique. Il a, sur plusieurs ouvrages similaires, l'avantage d'être fort complet. Il envisage en effet successivement la production, puis la transformation de l'énergie électrique, les appareils de mesure, de réglage et de manœuvre, la distribution de l'énergie électrique, les usines électriques, les canalisations et toutes les applications de l'énergie électrique. Il se termine par une étude des accidents pouvant se produire dans un réseau de distribution et des moyens d'y remédier, par des instructions pratiques pour les électriciens et, enfin, par la réglementation qui est actuellement en vigueur, dans les différents pays, pour ce qui concerne l'industrie électrique. — B. E.

Bibliographie : Cahier des charges pour les distributions d'énergie, décret du 28 juin 1921, par Paul Bougault, avocat à la Cour d'Appel de Lyon (2). — Cet ouvrage est un commentaire, article par article, du cahier des charges approuvé le 17 mai 1908 et modifié sur bien des points par le récent décret du 28 juin 1921.

Pour aider les professionnels : ingénieurs-conseils, distributeurs d'énergie électrique, agents du Contrôle, et les maires des communes intéressées, l'auteur a donné sous chaque article *des exemples et des chiffres* qu'il a puisés à de nombreuses rédactions. La jurisprudence tant administrative que judiciaire y est analysée, avec les explications que comportent les solutions les plus nouvelles : l'index économique, les relèvements des tarifs, les actions réflexes des avenants sur les polices en cours, la régie directe par les communes, etc... Une partie spécialement consacrée aux grands principes des concessions de travaux publics (compétence, déclaration d'utilité publique, formalités administratives, etc.) s'applique à tous les cahiers des charges adoptés même pour des concessions autres que les concessions municipales.

L'auteur a fait également une très large part aux questions fiscales : pénalités, enregistrement des polices et des traités administratifs.

Bibliographie : Recensement provisoire des forces hydrauliques du royaume des Serbes, Croates et Slovènes (1). — Ce travail qui correspond à plus d'une année et demie de recherches constitue un premier inventaire des forces hydrauliques du royaume. Il est présenté sous la forme : 1° d'une carte du pays à l'échelle de 1/1000000 sur laquelle on a représenté d'une façon conventionnelle la puissance hydraulique minimum disponible pour les 209 tronçons de 51 rivières ; 2° d'une notice explicative exposant les principes et le mode d'application de la méthode de détermination des puissances d'après la carte précédente. Cette notice est divisée en quatre parties : la première constitue l'exposé de la méthode ; la deuxième, le schéma des calculs et l'ordre dans lequel ces calculs ont été conduits ; la troisième se rapporte aux travaux faits pour l'établissement des formules données dans ces calculs ; enfin, la dernière partie est une application directe des indications précédentes à un exemple concret. On a reproduit, en annexe, une carte des isohyètes moyennes ou courbes d'égales précipitations atmosphériques.

Ce document fait ressortir la puissance totale des rivières du royaume, en basses eaux, à 3 507 800 ch, avec une puissance en eaux moyennes à peu près double. Le pays est donc, proportionnellement à sa surface, favorisé en ce qui concerne la richesse hydraulique ; par contre, la situation au point de vue de l'utilisation même de cette richesse est assez faible. Alors que la France, la Bavière, l'Italie, la Suisse, utilisent à peu près le quart de leur puissance hydraulique, le royaume des Serbes, Croates et Slovènes a aménagé seulement, à l'heure actuelle, 160 000 ch. Cependant, on peut penser que le développement sera rapide étant donné le manque de charbon dans ce pays ; le travail de recensement des forces hydrauliques du royaume que présente la Direction générale des Eaux est donc d'un grand intérêt pour l'avenir de ce pays. — B. E.

Bibliographie : Méthode mnémonique pour apprendre l'alphabet Morse, par Antony Bruyant (2). — S'il est, dans le très grand nombre de personnes appelées à s'intéresser à la radiotélégraphie, quelques individus spécialement doués pour retenir les signaux utilisés, il est certain que la plupart éprouvent une difficulté très réelle à apprendre les 78 combinaisons représentant les lettres et les chiffres. C'est, en tout cas, une épreuve rebutante pour les candidats aux divers postes que les développements de la radiotélégraphie rend de plus en plus nombreux et, beaucoup trop souvent, un obstacle insurmontable pour un grand nombre d'amateurs.

(1) Un volume, format 18 cm × 13 cm, 1030 pages, 921 figures, 5 planches en couleurs, édité par Gauthier-Villars et Cie, 55, quai des Grands-Augustins, à Paris. Prix : 30 fr.

(2) Un volume, format 25 cm × 16 cm, 348 pages, édité par Jules Rey, 28, Grande-Rue, à Grenoble. En vente aux bureaux de la « Revue générale de l'Electricité ». Prix : broché, 25 fr ; franco, 26,50 fr.

(1) Une brochure, format 27 cm × 18 cm, 24 pages, en langue serbe, avec une traduction en langue française, même format, 42 pages, 1 carte ; en vente aux bureaux de la Direction générale des Eaux, 81, Krunsku, à Belgrade. Prix : 35 dinars.

(2) Une brochure, format 24 cm × 16 cm, 16 pages, éditée par la librairie Desforges, 29, quai des Grands-Augustins, Paris, VIe. Prix : 3,75 fr.

Digitized by Google

L'auteur a repris les études du professeur Rolin qui avait autrefois proposé une méthode pour atteindre le même but; il a mis à profit, en même temps, les récentes recherches sur l'éducation de la mémoire, en particulier ceux de Ch.-L. Julliot. Le résultat de ce travail est une méthode d'une grande simplicité, à la portée de tous, même des enfants et grâce à laquelle — affirme l'auteur — les mémoires les plus rebelles peuvent en deux heures ou mieux, en un quart d'heure de travail par jour pendant une semaine, s'assimiler d'une façon sûre et sans crainte d'oubli dans l'avenir les nombreuses combinaisons du code Morse.

La brochure se compose d'un assez long avertissement, dans lequel l'auteur expose en détail la méthode préconisée, puis de tableaux portant les différents signes avec, pour chacun d'eux, le mot de liaison et la formule mnémotechnique correspondante. — B. E.

Bibliographie : L'impôt sur le revenu (Les grandes lignes de la réforme fiscale. Esquisse d'une politique fiscale démocratique), par Louis Copin, avocat au barreau de Valenciennes (1). — On se rappelle les vives discussions auxquelles a donné lieu, au Sénat, à la Chambre des Députés et dans la presse l'adoption de l'impôt sur le revenu. La lutte n'est, d'ailleurs, pas encore close entre partisans et adversaires de cette réforme considérable dans notre régime fiscal. L'auteur se range parmi ses plus chauds défenseurs parce qu'il la considère « comme le triomphe d'une politique nettement républicaine, d'une politique de progrès social qui, malheureusement, rencontre encore des adversaires, des adversaires tenaces et obstinés, à l'intérieur même de nos frontières ». Il lui a semblé que les difficultés d'application du nouveau règlement fiscal et son produit pécuniaire, encore très modeste en cette période de début, provoquent dans certains milieux des mouvements d'opinion injustifiés. Il a voulu rappeler au public les principes d'équité qui ont donné naissance à la réforme; puis, prenant à partie les adversaires de l'impôt sur le revenu, il examine leurs arguments et leurs propositions. Enfin, estimant que la loi fiscale actuelle comporte des améliorations, il esquisse une politique fiscale et énumère quelques modifications à apporter au règlement actuel. — B. C.

Bibliographie : Mémento à l'usage des gradés et des sapeurs du régiment du génie, des téléphonistes et des radiotélégraphistes des régiments d'infanterie et d artillerie, par J. Jacob, capitaine de réserve du génie, ingénieur des Postes et Télégraphes (2). — Cet ouvrage, rédigé pendant la guerre et largement utilisé à l'armée, en est à sa quatrième édition. C'est un mémento écrit dans le but d'aider à la compréhension des livres d'instruction publiés par les services de la Télégraphie militaire. Ces notes furent corrigées une première fois en 1917 et elles ont subi, au cours de la campagne, les modifications que le perfectionnement incessant des méthodes de liaison leur imposait.

L'auteur a consacré la majeure partie de ce travail à la téléphonie dont il décrit les différents modèles d'appareils et de tableaux commutateurs, les lignes avec leur construction, l'emploi simultané de la télégraphie et de la téléphonie sur les mêmes lignes, les dérangements qui peuvent survenir sur les lignes. Ces divers sujets font ainsi l'objet des sept premiers chapitres. Les deux suivants sont consacrés : l'un à la radiotélégraphie et à la télégraphie par le sol et l'autre, à la télégraphie optique.

La forme sous laquelle est présenté cet ouvrage et le soin avec lequel il a été rédigé sont, croyons-nous, les raison du succès des éditions précédentes et de celui qu'aura, sans aucun doute, l'édition de 1922. — B. E.

Bibliographie : Installations électriques industrielles. Choix du matériel, par R. Cabaud, ingénieur électricien (E. C. L. et E. S. E.) (1). — Cet ouvrage fait partie d'une collection plus importante devant constituer le Manuel de l'électricien et destinée à permettre aux ouvriers de faire eux-mêmes leur instruction technique qui devient de plus en plus difficile par les progrès incessants de l'industrie électrique.

L'auteur étudie, dans ce volume, le choix du matériel utilisé dans les installations. Il considère d'abord, dans les deux premiers chapitres, les machines électriques, donnant, d'une part, les facteurs qui sont à considérer pour le choix de ces machines et, d'autre part, les essais à effectuer sur les machines du type choisi pour parfaire ce choix et les garanties qui sont à imposer aux constructeurs.

Le troisième chapitre est réservé à l'appareillage et l'auteur examine successivement, après quelques indications générales, les appareils de connexion et d'interruption, les appareils de réglage, la protection des installations, les appareils de mesure, les accumulateurs, le matériel d'éclairage et, enfin, le matériel de lignes.

Ce petit ouvrage est écrit en un langage simple, très clair; la présentation soignée est encore rehaussée par un choix judicieux de bonnes figures. — B. E.

Bibliographie : Introduction au calcul tensoriel et au calcul différentiel absolu, par G. Juvet, professeur à l'Université de Neuchatel (2). — Cet ouvrage est un exposé des méthodes mathématiques se rapportant au calcul différentiel absolu et au calcul tensoriel, et qui sont dues à Gauss, Ricci, Riemann, Levi-Civita et Darboux; ces méthodes permettent l'analyse approfondie des variétés géométriques quelconques et leur caractéristique provient de ce qu'elles rendent possible l'étude d'un « être géométrique » à un point de vue purement intrinsèque.

Les premiers éléments du calcul tensoriel ayant leurs racines dans le calcul vectoriel, l'auteur a d'abord rappelé les principes de celui-ci dans la mesure où cela était nécessaire : il a suivi, pour cela, la méthode axiomatique d'exposition développée par M. Weyl, en atténuant un peu son caractère abstrait et en faisant appel à l'intuition géométrique, pour le cas de deux ou trois dimensions.

Pour les développements des théories suivantes, il s'est toujours inspiré des mémoires originaux; il s'est efforcé de mettre en relief un très beau mémoire de M. Levi-Civita, resté presque sans écho lors de son apparition, et de rendre plus claires ces théories.

Son travail, forme en quelque sorte, une initiation aux méthodes mathématiques des théories einsteiniennes, au moyen de laquelle le lecteur sera en mesure de lire ensuite avec profit les mémoires et traités se rapportant à la question de la Relativité. — B. E.

(1) Un volume, format de 19 cm × 12 cm, 36 pages, édité par G. et M. Ravisse, 52, rue des Saints-Pères, Paris (VIIe). Prix : broché, 2,75 fr.

(2) Une brochure, format 20 cm × 16 cm, 101 pages, avec un album de schémas de 40 pages du même format, édité par l'imprimerie Vincent, 3, rue Tison-d'Argence, Angoulême.

(1) Un volume, format 16 cm × 11 cm, 313 pages, 129 figures, édité par J.-B. Baillière, 19, rue Hautefeuille, Paris. Prix : cartonné, 10 fr.

(2) Un volume, format 25 cm × 16 cm, 100 pages, 7 figures, édité par la librairie Albert Blanchard, 3, place de la Sorbonne, Paris. Prix : broché, 12 fr.

Digitized by Google

SECTION SCIENTIFIQUE & TECHNIQUE

De l'influence de la fréquence du courant sur le fonctionnement des moteurs asynchrones

Dans cette étude, l'auteur, après avoir indiqué les formules fondamentales et la construction du diagramme des intensités de courant pour les moteurs asynchrones, étudie ce que deviennent ces formules et diagrammes de fonctionnement lorsqu'on change la pulsation du courant d'alimentation.

I. **Formules fondamentales et construction du diagramme des intensités du courant.** — Les équations qui définissent le fonctionnement d'un moteur asynchrone sont les deux suivantes

$$(1) \qquad U_1 = (r_1 + j l_1 \omega) I_1 + j m \omega I_2.$$

$$(2) \qquad 0 = (r_2 + j l_2 \gamma \omega) I_2 + j m \gamma \omega I_1,$$

où r_1, r_2, l_1, l_2 et m sont respectivement les résistances et les coefficients de self-induction du primaire et du secondaire et leur coefficient d'induction mutuelle, conformément à la définition qu'en a donnée M. Blondel ; ω désigne la pulsation du courant ; γ, le glissement ; U_1, la tension aux bornes d'une phase du stator ; I_1 et I_2, respectivement les intensités du courant dans une phase du stator et du rotor.

De ces deux équations on déduit, par l'élimination de I_2, la relation suivante

$$U_1 = (r_1 + j l_1 \omega) I_1 + \frac{m^2 \gamma \omega^2}{r_2 + j l_2 \gamma \omega} I_1$$

ou, en négligeant la résistance r_1 de l'enroulement du stator et en séparant les deux composantes de U_1 déphasées de $\frac{\pi}{2}$ l'une par rapport à l'autre,

$$(3) \qquad U_1 = \frac{m^2 \gamma r_2 \omega^2}{Z_2^2} I_1 + j \left(l_1 \omega - \frac{m^2 l_2 \gamma^2 \omega^3}{Z_2^2} \right) I_1,$$

où l'on écrit pour simplifier

$$Z_2^2 = r_2^2 + l_2^2 \gamma^2 \omega^2.$$

Dans son article sur l'« Essai d'une méthode générale d'établissement des diagrammes circulaires en courant alternatif » paru dans la « Revue générale de l'Electricité » du 9 avril 1921, t. IX, n° 28, page 483, M. Le Cocq prend précisément, comme application de sa théorie générale, le cas du moteur asynchrone et montre que l'intensité du courant I_1 définie par l'équation (3) est représentée par un point qui décrit un cercle lorsque la puissance ou, ce qui revient au même, le glissement du moteur varie, la tension et tous les autres facteurs intervenant dans cette équation restant constants. L'intérêt de la méthode adoptée par M. Le Cocq pour mettre en évidence l'existence du diagramme circulaire réside surtout dans le fait que les coordonnées des points du cercle se déduisent facilement de l'équation fondamentale. Or, comme nous nous proposons ici de faire ressortir l'influence, sur le fonctionnement du moteur, de la fréquence du courant qui l'alimente, nous serons appelés à nous reporter au diagramme du cercle du moteur, et nous aurons recours au développement de M. Le Cocq ; il nous permettra précisément de définir la position du cercle en fonction des coordonnées de quelques points importants qui sont elles-mêmes exprimées en fonction de la pulsation du courant.

Nous remarquons d'abord (fig. 1) que la position du cercle est définie par trois points :

1° Le point A correspondant à l'intensité du courant I_0, pour un glissement nul (marche en synchronisme) ;

2° Le point B, correspondant à l'intensité du courant I_c pour un glissement égal à l'unité (au démarrage) ;

3° Le point C, correspondant à I_∞ pour un glissement infini.

Tandis que les deux premières valeurs I_0 et I_c de l'intensité du courant peuvent être relevées par des essais directs sur le moteur, pour une pulsation ω donnée de ce courant, il n'en est pas de même de la dernière valeur I_∞. Mais il résulte de la démonstration exposée par M. Le Cocq dans son article précité que le centre du cercle est sur la droite AC confondue avec l'axe des imaginaires, si l'on néglige la résistance de l'enroulement du stator. Il suffit, grâce à cette remarque, de connaître I_0 et I_c pour construire le cercle. Les valeurs I_0 et I_c se déduisent de l'équation (3).

Pour I_0, on pose $\gamma = 0$ et l'on a

$$(4) \qquad U_1 = j l_1 \omega I_0,$$

et pour I_c, on pose $\gamma = 1$; d'où

$$(5) \qquad U_1 = \frac{m^2 r_2 \omega^2}{r_2^2 + l_2^2 \omega^2} I_c + j \left(l_1 \omega - \frac{m^2 l_2 \omega^3}{r_2^2 + l_2^2 \omega^2} \right) I_c.$$

Digitized by Google

Si nous prenons l'axe des x pour axe des quantités réelles et l'axe des y pour axe des quantités imaginaires, on a pour les coordonnées x_0 et y_0 du point A correspondant à l'intensité du courant I_0.

$$x_0 = 0 \qquad \text{et} \qquad y_0 = \frac{U_1}{l_1\omega} \ (1).$$

Les coordonnées x_c et y_c de B relatif à I_c se déduisent de l'équation (5) résolue par rapport à I_c.

$$I_c = \frac{U_1}{\dfrac{m^2 r_2 \omega^2}{r_2^2 + l_2^2\omega^2} + j\left(l_1\omega - \dfrac{m^2 l_2 \omega^3}{r_2^2 + l_2^2\omega^2}\right)},$$

ou, en négligeant r_2^2 par rapport à $l_2^2\ \omega^2$ et en posant pour simplifier

$$(6) \qquad \alpha = \frac{m^2 r_2}{l_2^2} \quad \text{et} \quad \beta = l_1 - \frac{m^2}{l_2},$$

$$I_c = \frac{U_1}{\alpha^2 + \beta^2\omega^2}(\alpha - j\beta\omega);$$

d'où

$$(7) \qquad x_c = \frac{\alpha U_1}{\alpha^2 + \beta^2\omega^2} \quad \text{et} \quad y_c = \frac{\beta\omega U_1}{\alpha^2 + \beta^2\omega^2} \ (1).$$

Calculons de la même façon les coordonnées du point C, représentant I_∞ pour trouver le diamètre du cercle; on pose $\gamma = \infty$ dans l'équation (3) qui devient

$$U_1 = j\left(l_1\omega - \frac{m^2\omega}{l_2}\right) I_\infty,$$

d'où l'on tire

$$I_\infty = \frac{U_1}{\left(l_1 - \dfrac{m^2}{l_2}\right)\omega}.$$

Ce point se trouve sur l'axe des imaginaires, dans l'hypothèse faite au début d'une résistance r_1 de l'enroulement du stator négligeable, et le diamètre du cercle est représenté par la longueur AC.

Nous avons ainsi tous les éléments qui définissent le diagramme des intensités pour une pulsation donnée du courant ; supposons ce diagramme établi d'après les résultats d'essais à vide et en court-circuit.

Pour une intensité donnée I_1 du courant, on déduit immédiatement sur le diagramme le facteur de puissance cos φ du moteur et la puissance P utile du moteur correspondant à cette intensité du courant.

Le point M, qui représente cette intensité du courant, est le point du cercle qui a pour rayon vecteur OM l'intensité du courant I_1, à l'échelle du dessin. Or, la droite OM forme avec l'axe des x un angle égal à φ qui n'est autre chose que l'angle de déphasage de l'intensité du courant dans le stator sur la différence de potentiel.

La puissance absorbée par le moteur fonctionnant sous tension constante est donc proportionnelle à la distance MH de M à l'axe des imaginaires que nous appellerons la droite des puissances absorbées.

La puissance utile du moteur au régime considéré est également représentée par la distance MD de M à la droite AB, dite droite des puissances utiles.

Enfin, le glissement s'obtient par la construction suivante. On mène la droite CB qui coupe l'axe des x en un point L. On divise OL en 100 parties égales et on joint ensuite CM, droite qui prolongée rencontre l'axe des x en K, dont la distance au point O est mesurée par n divisions ; le glissement g correspondant à ce régime est $\dfrac{n}{100}$.

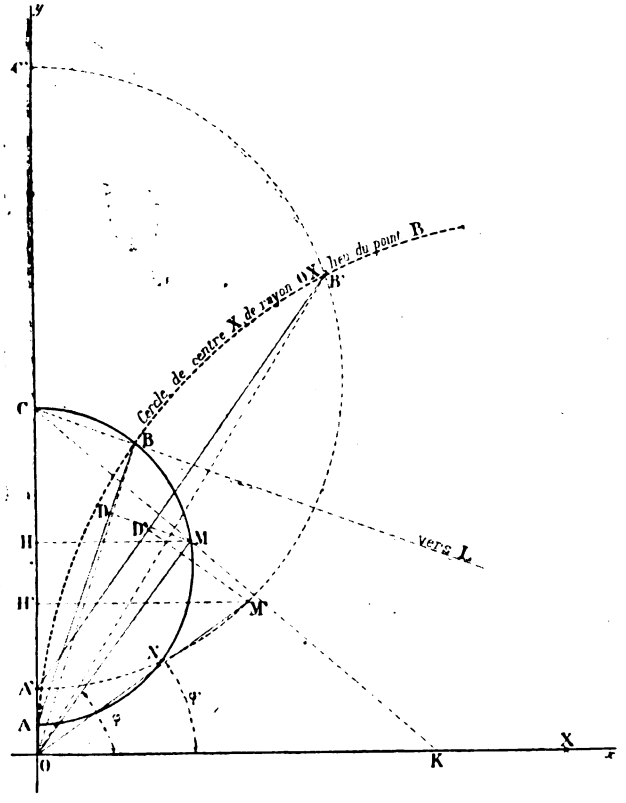


Fig. 1. — Diagramme circulaire du moteur asynchrone.

Cercles ABC et A'B'C'. Diagramme de l'intensité pour les fréquences f et f';

$$\frac{OA'}{OA} = \frac{f}{f'} = \frac{\text{tang}\,(BOx)}{\text{tang}\,(B'Ox)}$$

OM et OM' valeurs de l'intensité pour les fréquences f et f'; AB et A'B', droites des puissances utiles pour les fréquences f et f'.

(1) Les valeurs des ordonnées y_0, y_c et y_∞ des points A, B et C sont négatives. Mais, pour simplifier les calculs et la construction, nous ne mettons pas le signe moins en évidence et nous portons les valeurs dans le sens choisi en général comme sens positif sur l'axe des y.

(1) Voir la note ci-contre.

Digitized by Google

Nous ne faisons que rappeler les méthodes dont nous allons nous servir pour résoudre le problème qui nous occupe, en priant le lecteur d'en chercher les démonstrations dans les ouvrages qui traitent des moteurs à champ tournant ; nous citerons, en particulier, l'ouvrage sur « Les machines d'induction » de MM. Arnold et La Cour dans lequel est introduite la notion des droites des puissances et les « Leçons d'électrotechnique générale » de M. Janet dans lesquelles on trouve la justification de la construction proposée pour la détermination du glissement.

2. **Solution graphique.** — Ces résultats étant acquis, examinons ce que deviennent les diagrammes du moteur que nous venons d'établir si la pulsation du courant au lieu d'être ω devient ω' et supposons, pour fixer les idées, $\omega' < \omega$.

Le point du cercle relatif à I_0 vient en A' sur l'axe des x à une distance OA' de o, telle que

$$y'_0 = \frac{U_1}{l_1\omega'};$$

On a donc

$$\frac{y'_0}{y_0} = \frac{\omega}{\omega'}.$$

Le point C' représentant I_∞ avec cette nouvelle pulsation du courant est à une distance OG' de O, telle que $\frac{OG'}{OG} = \frac{\omega}{\omega'}$. Donc, le diamètre du nouveau diagramme des intensités est à celui du diagramme établi pour la pulsation ω dans le rapport inverse des pulsations ou des fréquences. On peut donc construire ce nouveau cercle de diamètre A'C'.

Les coordonnées du point B' avec la nouvelle pulsation ω' du courant s'obtiennent en remplaçant ω par ω' dans les expressions (7) de x_c et y_c.

Comme pratiquement les valeurs de α et β, qui figurent dans ces expressions, sont difficiles à déterminer, on obtient la position du point B' plus facilement par la construction graphique basée sur la remarque suivante :

Le lieu du point B, lorsque la fréquence ou la pulsation du courant varie, est un cercle dont l'équation s'obtient par l'élimination de ω entre les deux expressions de ses coordonnées.

On a, en effet,

$$\frac{y_c}{x_c} = \frac{\beta\omega}{\alpha}, \tag{6}$$

et, après l'élimination de ω,

$$\alpha(x_c^2 + y_c^2) - U_1 x_c = 0. \tag{9}$$

Cette dernière équation est celle d'un cercle qui passe par l'origine O des coordonnées, par le point B et dont le centre est sur l'axe des x, à une distance égale à $\frac{U_1}{2\alpha}$ du point O. Ces indications permettent de construire ce cercle OBB', de centre X et de rayon égal à OX. Le point B' est à l'intersection du cercle ainsi établi et du nouveau diagramme des intensités.

On peut vérifier le résultat de la construction en remarquant que le coefficient angulaire de la droite OB' est

$$\operatorname{tang}\varphi'_c = \frac{y'_c}{x'_c} = \frac{\beta\omega'}{\alpha}.$$

Le rapport de ce coefficient angulaire à celui de la droite OB obtenue par l'essai en court-circuit avec un courant de pulsation égale à ω est le même que celui des fréquences ou des pulsations, on a en effet

$$\frac{\operatorname{tang} x_c}{\operatorname{tang}\varphi'_c} = \frac{\omega}{\omega'}.$$

La droite OB' est donc facile à construire.

La droite des puissances absorbées est encore l'axe des y et la droite A'B' est devenue celle des puissances utiles.

On a ainsi tous les éléments permettant de déterminer les conditions de fonctionnement du moteur avec la nouvelle fréquence f' du courant.

Le problème qui se présente le plus souvent est le suivant : quelle est la puissance utile que peut développer un moteur, calculé et prévu pour un courant de fréquence égale à f, s'il est alimenté par un courant de fréquence égale à f'?

On rapporte la puissance à calculer à celle connue et pour laquelle le moteur a été établi; on doit, bien entendu, admettre la même tension aux bornes et la même intensité du courant; on marque les points M et M' sur les cercles marque pour les fréquences f et f' et l'on compare les distances respectives de M à la droite AB et de M' à la droite A'B'. Le rapport de ces distances MD et M'D' est égal au rapport cherché des puissances utiles.

On pourra également comparer les facteurs de puissances dans les deux cas et le glissement, en comparant les résultats des constructions élémentaires rappelées plus haut, faites en partant du point M pour le courant de fréquence égale à f et du point M' pour le courant de fréquence égale à f'.

3. **Solution analytique.** — On peut étudier ces variations en rapprochant les résultats des constructions graphiques dont nous venons de parler. Comme nous le verrons, cette façon de procéder est plus rapide et plus simple que la méthode analytique.

Toutefois, cette dernière méthode permet de se faire une idée de l'influence de la fréquence du courant sur les conditions de fonctionnement du moteur.

Pour étudier la variation de la puissance utile, nous établissons l'équation de la droite AB, dite des puissances utiles.

Cette droite a pour coefficient angulaire

$$\operatorname{tg} V = \frac{\alpha^2 + \beta^2\omega^2 - l_1\beta\omega^2}{\alpha l_1\omega}.$$

Digitized by Google

où α et β ont les significations indiquées plus haut (formules 6); or, en remplaçant α et β par leurs valeurs et tenant compte de la remarque (1) de la page 582, relative au signe des y, l'expression de tg V, devient, (r^2_2 étant négligeable par rapport à $l^2_2\omega^2$).

$$\text{tg } V = \frac{l_2\beta\omega}{r_2 l_1}.$$

Son équation est donc

$$y = \frac{l_2\beta\omega}{r_2 l_1}x + \frac{U_1}{l_1\omega}.$$

Or, la puissance utile du moteur, pour une intensité du courant I_1 et un facteur de puissance φ donnés, est proportionnelle à la distance du point M, représentant I_1, à la droite AB. Les coordonnées de M sont, en fonction de l'angle φ,

$$x = I_1 \cos\varphi \quad \text{et} \quad y = I_1 \sin\varphi.$$

La distance MD a donc pour expression

$$\text{MD} = \frac{U_1 r_2 + l_2\beta\omega^2 I_1 \cos\varphi - r_2 l_1 \omega I_1 \sin\varphi}{\omega\sqrt{r_2^2 l_1^2 + l_2^2\beta^2\omega^2}},$$

expression qu'on peut simplifier en négligeant r_2^2 par rappport à $l_2^2\omega^2$ et qui devient, tous calculs faits,

$$\text{MD} = \frac{U_1 r_2}{l_2\beta\omega^2} + I_1\cos\varphi - \frac{r_2 l_1}{\beta l_2\omega} I_1 \sin\varphi,$$

ou encore

$$\text{MD} = \frac{r_2 l_1}{l_2\beta\omega}\left[\frac{U_1}{l_1\omega} - I_1\sin\varphi\right] + I_1\cos\varphi.$$

Comme $I_1 \sin\varphi$ est supérieur à $\frac{U_1}{l_1\omega}$ pour les valeurs de la fréquence adoptées pratiquement, le premier terme est à retrancher du dernier terme $I_1\cos\varphi$; or, $I_1\cos\varphi$ est proportionnel à la puissance absorbée; donc, le premier terme de l'expression de MD est relatif à la puissance perdue dans le moteur qui augmente lorsque la fréquence diminue. Il est facile de voir que ce premier terme ne peut augmenter avec la fréquence, en supposant φ constant, que pour les valeurs de ω comprises entre o et $\frac{U_1}{l_1 I_1 \sin\varphi}$, qui sont inférieures à celles qui correspondent à des valeurs normales de la fréquence.

Nous insistons sur le fait que ce qui précède suppose le facteur de puissance constant, ce qui ne correspond pas à la réalité; cette hypothèse n'est admissible que si l'on prend pour l'intensité du courant celle qui est donnée par le point d'intersection N des deux diagrammes des intensités relatifs aux deux fréquences f et f' pour lesquelles on compare le fonctionnement du moteur.

Si cette condition n'est pas réalisée, et si l'on prend une intensité du courant correspondant à l'intensité normale du moteur pour la fréquence f, la construction graphique montre immédiatement que le facteur de puissance pour la même intensité du courant diminue avec la fréquence.

On pourrait d'ailleurs étudier la variation du facteur de puissance avec la fréquence en cherchant les coordonnées du point M représentant l'intensité du courant I_1 qui se déduit de l'équation (3).

On a

$$I_1 = \frac{A U_1 - jB U_1}{A^2 + B^2},$$

en posant

$$A = \frac{m^2\gamma r_2\omega^2}{r_2^2 + l_2^2\gamma^2\omega^2},$$

et

$$B = l_1\omega - \frac{m^2 l_2\gamma^2\omega^3}{r_2^2 + l_2^2\gamma^2\omega^2},$$

ou

$$B = \left(l_1 - \frac{l_2}{r_2}A\right)\omega.$$

On a donc

$$x = I_1\cos\varphi = \frac{A U_1}{A^2 + B^2},$$

et

$$y = I_1\sin\varphi = \frac{B U_1}{A^2 + B^2},$$

en ne faisant pas figurer le signe —, conformément à la remarque faite plus haut.

On a encore

$$\text{tang}\,\varphi = \frac{B}{A} = \left(\frac{l_1}{A} - \frac{l_2}{r_2}\right)\omega.$$

Pour la même intensité du courant, on doit avoir

$$A^2 + B^2 = \text{constante},$$

c'est-à-dire

$$(9)\quad \frac{A^2(r_2^2 + l_2^2\omega^2)}{r_2^2} + l_1^2\omega^2 - \frac{2A l_1 l_2\omega^2}{r_2} = \text{constante}.$$

C'est de l'étude de la variation de A, en fonction de ω défini par cette relation (9), que l'on déduit celle du glissement γ en fonction de la même variable et en même temps celle du facteur de puissance ou de $x = I_1\cos\varphi$.

L'expression (9) est compliquée et ne présente pas,

Digitized by Google

au point de vue pratique, le même intérêt que la construction graphique.

Nous l'avons développée uniquement pour mettre le lecteur en face des difficultés que l'on rencontre dans l'étude analytique des propriétés du moteur asynchrone, difficultés qui ne sont pas insurmontables, mais qui conduisent à des calculs très longs, lorsqu'il s'agit de mettre en évidence la pulsation ω du courant. Ce rapide examen permet de comparer, au point de vue des applications, les deux méthodes, analytique et graphique, la dernière l'emportant au point de vue de la simplicité et de la rapidité sur la première.

Adr. CURCHOD,
Ingénieur-électricien E. S. E

Sur la détermination de la longueur d'onde optimum pour une radiocommunication donnée

Dans cette étude, présentée au Congrès de Montpellier de l'Association française pour l'Avancement des Sciences, l'auteur recherche comment varient, en fonction de la longueur d'onde, le rendement et la sécurité des radiocommunications; des résultats de cette recherche, il tire ensuite quelques conclusions sur le choix de la longueur d'onde à adopter. Pour obtenir des valeurs numériques fixant l'ordre de grandeur des résultats, il se sert de la formule d'Austin-Cohen et suppose les oscillations entretenues.

Longueur d'onde et rendement de la radiocommunication. — Le rendement η_i considéré est le rapport de l'énergie fournie au détecteur par le cadre de l'antenne de réception à l'énergie fournie à l'antenne d'émission par les appareils radiogénérateurs.

On démontre facilement que le rendement peut s'écrire :

Dans le cas de l'emploi d'une antenne à la réception

$$\eta_i = A \times B \times C, \tag{1}$$

et dans le cas de l'emploi d'un cadre

$$\eta_i' = A \times B \times C'. \tag{2}$$

On a d'abord

$$A = \frac{l_i^2}{R_i + S_i \omega^2}. \tag{3}$$

A ne dépend que de la hauteur efficace l_i, de la résistance R_i et de la radiance $S_i \omega^2$ de l'antenne de transmission.

R_i pouvant être, suivant les longueurs d'ondes employées, d'un ordre de grandeur quelconque par rapport à la longueur d'onde et l_i étant sensiblement proportionnel à la longueur d'onde λ dans le cas de grandes longueurs d'onde, A varie comme une puissance de la longueur d'onde comprise entre λ^2 et λ^{-1}.

On a ensuite

$$B = 16\pi^2 \frac{\mu}{\varepsilon} \frac{1}{\lambda^2 r^2} e^{-2 \times 0{,}12 \frac{r}{\sqrt{a\lambda}}}, \tag{4}$$

μ et ε étant les perméabilités magnétique et diélectrique de l'atmosphère λ, la longueur d'onde; r, la distance des stations et a, le rayon de la terre. B varie en fonction de la longueur d'onde comme

$$\lambda^{-2} e^{-2 \times 0{,}12 \frac{r}{\sqrt{a\lambda}}}.$$

Le troisième terme de (2) s'écrit

$$C = \frac{R_{in}}{(R_i + S_i \omega^2)^2} l_i^2, \tag{5}$$

l_i, R_i, $S_i \omega^2$ étant la hauteur efficace, la résistance (détecteur et terre compris) et la radiance de l'antenne de réception; R_{in}, la résistance équivalente au détecteur. La radiance pouvant être d'un ordre de grandeur quelconque par rapport à la résistance, la résistance équivalente au sélecteur (ou résistance utile) pouvant être d'un ordre de grandeur quelconque par rapport aux résistances de pertes, la résistance de perte étant, pour les grandes longueurs d'ondes, proportionnnelle à λ, C varie comme une puissance de λ comprise entre λ^4 et λ^{-1}.

Enfin le troisième terme de (2) s'écrit

$$C' = 4\pi^2 \frac{R_{in}}{(R_i + T_i \omega^4)^2} \frac{K_i^2 \Sigma_i^2 \cos^2 0}{\lambda^2}. \tag{6}$$

R_i, $T_i \omega^4$, K_i, Σ_i sont respectivement la résistance (détecteur compris), la radiance, le nombre de tours et la surface du cadre de réception; 0 est l'angle qu'il fait avec le plan vertical d'incidence des ondes. Dans ce cas, on reçoit, soit sur condensateur, soit par radiotransformateur et circuits syntonisé; la radiance est toujours très petite par rapport aux résistances; la résistance utile peut être d'un ordre de grandeur quelconque par rapport aux résistances de pertes. On trouve que C' varie comme une puissance de λ comprise entre λ^2 et λ^{-4}.

Digitized by Google

II. **Élimination des parasites et longueur d'onde.** — On suppose que le champ électromagnétique dû au parasite est de la forme

$$(7) \qquad E_p e^{-at}.$$

Le coefficient de sécurité ζ, défini de la façon suivante

$$(8) \qquad \zeta = \frac{\text{énergie fournie au détecteur par le signal}}{\text{énergie fournie au détecteur par le parasite}},$$

a pour expression :
dans le cas où l'on emploie une antenne à la réception

$$(9) \qquad \zeta = W_t \times A \times B \times F \times G.$$

et dans le cas où l'on emploie un cadre

$$(10) \qquad \zeta' = W_t \times A \times B \times F' \times G'.$$

W_t est l'énergie fournie à l'antenne de transmission par les appareils radiogénérateurs A et B ont les mêmes valeurs que ci-dessus.

Le troisième fournie qui a l'une des deux valeurs suivantes

$$(11) \qquad F = \frac{L_2}{R_2 + S_2\omega^2}, \quad F' = \frac{4\pi^2}{\lambda^2}\frac{L_2}{R_2 + T_2\omega^4}\frac{\cos^2\theta_s}{\cos^2\theta_p},$$

où L_2 est la self-induction de l'antenne ou du cadre de réception ; θ_p et θ_s, les angles du plan du cadre de réception avec les plans verticaux d'incidence du signal et du parasite), Ce troisième terme ne dépend que des caractéristiques du cadre ou de l'antenne de réception.

L_2 varie comme une puissance de la longueur d'onde comprise entre λ^2 et 1, suivant le mode de réglage de la réception. $R_2 + S_2\omega^2$ et $R_2 + T_2\omega^4$ varie comme on l'a vu ci-dessus. On trouve, en somme, que F et F' varient comme des puissances de la longueur d'onde comprises respectivement entre λ^4 et λ^{-1}, et entre λ^2 et λ^{-2}.

Le facteur G, qui représente l'effet des parasites est proportionnel à

$$\frac{\omega^2(\omega^2 + a^2)}{a^2};$$

il est, le plus souvent, sensiblement proportionnel à ω^4 ou à λ^{-4}.

III. **Discussion des résultats et conclusions.** — En combinant les résultats obtenus pour A, B, C ou C' d'une part, A, B, C, F ou F' d'autre part, on constate que η et η' sont de la forme

$$J = \lambda^{-n} e^{-2\times 0{,}12\frac{r}{\sqrt{a\lambda}}},$$

n ayant les valeurs indiqués dans le tableau I.

Tableau I. — *Valeurs de n.*

	Formules de rendement			Formules de coefficient de sécurité		
	minimum de n	réglage courant	maximum de n	minimum de n	réglage courant	maximum de n
Récepteur sur antenne.....	— 4	4	5	0	6	8
Récepteur sur cadre.....	— 2	3	7	2	7	9

Le réglage indiqué comme courant pour la réception sur antenne correspond aux hypothèses suivantes : (le signe » signifiant grand par rapport à)

$R_1 \gg S_1\omega^2$, R_1 et R_2 proportionnels à λ,

$R_2 \gg S_2\omega^2$, $R_{2n} = \frac{R_2}{2}$.

Les deux réglages les plus courants dans le cas de la réception sur cadre, suivant que la réception a lieu à résistance utile constante ou sur condensateur, correspondent à

1° $R_1 \gg S_1\omega^2$, R_1 proportionnel à λ, $R_2 \gg S_2\omega^2$,

$R_{2n} = \frac{R_2}{2}$, R_2 proportionnel à $\frac{\lambda^2}{1}$.

2° $R_1 \gg S_1\omega^2$, R_1 proportionnel à λ,

R_p (résistance de pertes) proportionnel à $\frac{1}{\lambda^2}$.

Si, pour une distance donnée, la longueur d'onde varie de o à l'infini, J augmente d'une façon continue et indéfiniment si n est négatif; il augmente d'abord, passe par un maximum pour

$$(11) \qquad \lambda = \left(\frac{0{,}12}{n}\frac{r}{\sqrt{a}}\right)^2,$$

puis diminue et tend vers zéro. Il existe donc, pour $n > 0$, une longueur d'onde optimum. Le tableau II donne ces longueurs d'onde optima, pour les conditions les plus voisines de la pratique courante et pour les distances de 3 000, 5 000 et 10 000 km.

Digitized by Google

TABLEAU II. — *Longueurs d'onde optima.*

DISTANCES en kilomètres	RÉCEPTION SUR ANTENNE : longueur d'onde correspondant au meilleur rendement (kilomètres)	RÉCEPTION SUR ANTENNE : longueur d'onde correspondant au coefficient d'élimination maximum (kilomètres)	RÉCEPTION SUR CADRE : longueur d'onde correspondant au meilleur rendement (kilomètres)	RÉCEPTION SUR CADRE : longueur d'onde correspondant au coefficient d'élimination maximum (kilomètres)
3 000	1,26	0,56	2,25	0,41
5 000	3,51	1,56	6,25	1,14
10 000	14,06	6,25	25	4,58

Les longueurs d'onde ainsi obtenues sont inférieures à celles de la pratique courante. Cela tient probablement à ce que les rendements des machines et les fuites d'isolements des antennes sont d'autant moindres que les longueurs d'onde sont plus grandes.

D'une façon générale, et si l'on se borne à l'examen de ce qui se passe dans les conditions les plus usuelles de la pratique, la longueur d'onde optimum au point de vue parasites est plus petite que celle qui donne le meilleur rendement; la longueur d'onde optimum au point de vue rendement est plus grande si l'on emploie des cadres que si l'on emploie des antennes à la réception; la longueur d'onde optimum au point de vue élimination des parasites est plus petite avec les cadres qu'avec les antennes.

Les longueurs d'onde optima étant différentes suivant qu'on se préoccupe du rendement ou de l'élimination des parasites, la longueur d'onde à choisir sera différente suivant qu'on donnera la prédominance à l'une ou à l'autre de ces considérations. En général, on se basera sur un compromis : on recherchera, par exemple, une longueur d'onde pour laquelle le rendement et le coefficient d'élimination des parasites soient des fractions données de leurs valeurs optima. Ce travail se fait facilement en construisant les courbes de η et de ζ. Par exemple, sur les courbes de la figure 1, qui donne les valeurs optima de η et ζ, dans les deux cas des réceptions sur antennes et sur cadres, pour la distance de 5 000 km, on voit que, la longueur d'onde à choisir pour que η et ζ soient diminuées dans la même proportion par rapport à leurs valeurs optima, est 2,3 km.

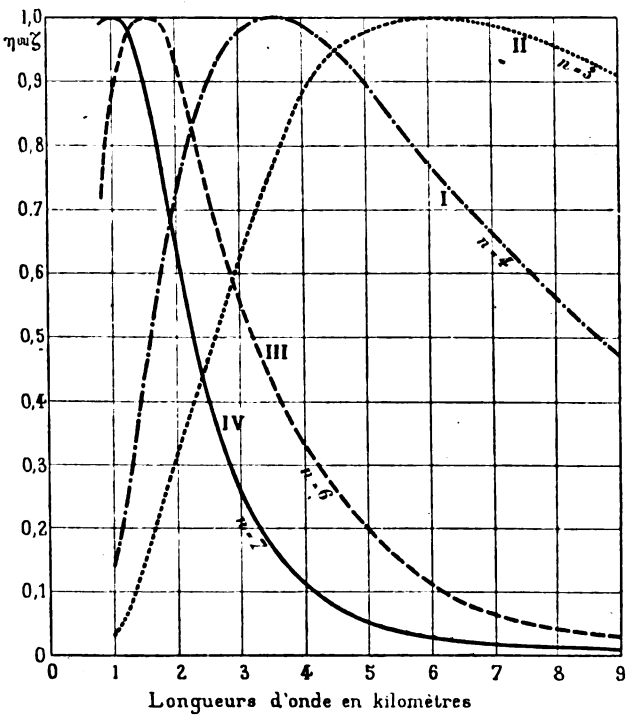


Fig. 1. — Variation du rendement η et du coefficient de sécurité ζ en fonction de la longueur d'onde.

Courbe I : Réception sur antenne (rendement η).
Courbe II : Réception sur cadre (rendement η').
Courbe III : Réception sur antenne (coefficient de sécurité ζ).
Courbe IV : Réception sur cadre (coefficient de sécérité ζ').

Enfin, il est plus difficile dans le cas des cadres que dans le cas des antennes, de combiner les deux conditions contradictoires d'un bon rendement et d'une bonne élimination des parasites.

L. BOUTHILLON,
Ingénieur en chef des Télégraphes.

Revues, analyses et informations

Radio-activité (1).

Cette publication est un résumé d'une série de six conférences faites à la Royal Institution, par sir Ernest Rutherford, au sujet de la radioactivité. Dans un historique succinct, l'auteur montre le rôle des deux savants qui, les premiers, ont étudié le phénomène de la radioactivité : Becquerel et Mme Curie. Au moment de la découverte des rayons X en 1895, tous les physiciens se préoccupèrent de rechercher la nature de cette nouvelle radiation. Un des faits mis en lumière dès le début était l'association des rayons X avec la phosphorescence. Becquerel montra que la génération des rayons n'avait rien à voir avec la phosphorescence et qu'on se trouvait en face d'une espèce spéciale de radiation; il examina alors les particularités de cette radiation et en démontra toutes les propriétés essentielles, entre autres,

(1) ERNEST RUTHERFORD. *Engineering*, 10, 17, 24 et 31 mars, 7 et 14 avril 1922, t. CXIII, p. 299-300, 331-332, 365-366, 386-387, 414-415 et 464 à 466, 16 300 mots, 3 fig., 2 tab; *Electrician*, 7 et 28 avril, p. 411-413 et 501-504, t. LXXXVIII, 8 000 mots, 15 fig.

Digitized by Google

que la propriété de l'uranium d'affecter une plaque photographique était indépendante d'une exposition antérieure à la lumière et était possédée par tous les composés de l'uranium. Il constata aussi que la radiation avait le pouvoir de faire perdre leur charge aux corps électrisés. Mme Curie montra ensuite, par la mesure des effets électriques produits, que non seulement tous les composés de l'uranium possédaient de la radioactivité, mais aussi que l'effet était strictement proportionnel à la quantité d'uranium présente et était, par suite, une propriété de l'atome d'uranium. Elle trouva ensuite qu'un échantillon de pechblende contenant 70 pour 100 d'uranium était quatre à cinq fois plus actif qu'un échantillon équivalent d'uranium. Puisque la radioactivité était une propriété atomique, il s'ensuivait que la pechblende devait contenir quelque autre substance radioactive que l'uranium. Cette substance fut isolée et appelée le polonium. Puis, ce fut le radium qui fut découvert et dont les propriétés chimiques furent définies, en même temps qu'on lui trouvait un spectre caractéristique. Son poids atomique est de 226.

Après cet historique, le conférencier montre que le radium offre la propriété intéressante suivante : on peut mesurer la quantité de ce corps enfermée dans un tube bouché, sans qu'il soit nécessaire d'ouvrir le tube. Ceci est possible à cause de certaines radiations très pénétrantes émises par cet élément. On s'est souvent servi de cette propriété pour rechercher le radium perdu et le conférencier cite un cas amusant.

Les sels de radium ajoutés au sulfure de zinc rendent les boussoles, ou autres objets, lumineux dans l'obscurité. Les rayons X bombardant le sulfure, celui-ci est assez rapidement détruit et la phosphorescence disparaît. Le radium lui-même ne s'altère pas; l'on aurait recueilli près d'un gramme après la guerre sur les hausses des canons. Le mesothorium pourrait remplacer avantageusement le radium, pour de telles applications. Les rayons α sont des atomes positivement chargés d'hélium se déplaçant à la vitesse d'environ 16000 km : s; les rayons β sont des électrons rapides; les rayons γ sont des rayons analogues aux rayons X des plus pénétrants. Par suite de leur plus grande masse, les rayons α portent beaucoup plus d'énergie que les autres, mais ils perdent leur vitesse rapidement et leur portée dans l'air ordinaire ne dépasse pas 7 cm. On a démontré que les rayons α du polonium sont arrêtés par une feuille de papier interposée entre l'électroscope et la plaque de cuivre sur laquelle le polonium est déposé.

Pour expliquer l'expulsion de ces particules Rutherford et Soddy avaient suggéré, il y a près de vingt ans, à Montréal, que les éléments radioactifs doivent différer des autres en ce qu'ils ne sont pas stables d'une façon permanente. A tout moment une certaine fraction devient instable, une explosion se produit, des particules sont projetées et l'atome qui reste est entièrement différent de l'élément original. La masse de radium 226 perd une particule α (fig. 1); l'émana-

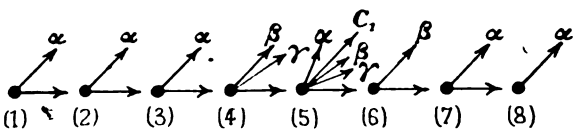


Fig. 1.

tion résultante est un gaz lourd (et non un métal solide), et est elle-même instable, émettant une autre particule et se transformant en radium (Ra A) une fois de plus, ou en un métal solide de masse 218. Celui-ci se transforme en radium B (Ra B) qui émet à la fois une particule α et une particule β, et donne le radium C (Ra C) et ainsi de suite. En ce qui concerne la vitesse de transformation, des observations sur le polonium ont montré que l'activité diminue de moitié en 136 jours; au bout de 136 autres jours elle diminue encore de moitié, c'est-à-dire qu'elle est réduite au quart de sa valeur initiale, etc... Cette loi exponentielle est encore vraie quand l'activité est tombée au millionième, quelles que soient les conditions chimiques et la température (four ou hélium liquide). Dans une série de changements successifs, l'équilibre nécessite que pour chaque atome, par exemple de Ra, un atome d'émanation soit produit, tandis qu'en même temps un autre atome d'émanation explose. Supposons que nous partions du radium pur, après avoir enlevé l'émanation accumulée. Pour chaque atome qui se désintègre, un atome d'émanation est formé et quand le Ra est réduit de moitié, l'émanation représente la moitié de l'activité, la somme restant constante.

La loi que ces savants ont trouvée pour le thorium est la suivante : si N_0 représente le nombre d'atomes initiaux, N_t le nombre d'atomes demeurant après t secondes, on a

$$\frac{N_t}{N_0} = e^{-\lambda t},$$

où λ est la constante radioactive.

T la période de transformation est $\frac{0.693}{\lambda}$ seconde et L la durée moyenne est égale à $\frac{1}{\lambda}$ secondes. En outre,

$$\frac{dN}{dt} = -\lambda N,$$

λ représentant la fraction du nombre total d'atomes changeant par seconde. Si la transformation est A → B → C, P, Q, R étant le nombre d'atomes de chacune et $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$, les constantes respectives, on a

$$\frac{dP}{dt} = -\lambda_1 P, \qquad (1)$$

$$\frac{dQ}{dt} = \lambda_1 P - \lambda_2 Q, \qquad (2)$$

$$\frac{dR}{dt} = \lambda_2 Q - \lambda_3 R, \qquad (3)$$

et ces trois équations donnent P, Q, R à n'importe quel moment, quand les valeurs initiales sont connues. L pourrait être de plusieurs secondes ou de plusieurs années; il est toujours égal à $\frac{1}{\lambda}$ et Q pourrait être obtenu à l'aide de P par (2).

En ce qui concerne le radium, la figure 2 représente le nombre d'atomes de Ra A, Ra B, Ra C, Ra D présents après un certain nombre de minutes; chacune de ces courbes passe par un maximum. Pour expliquer ces phénomènes, le conférencier prend trois tubes de verre verticaux, partiellement remplis d'eau colorée, placés en cascades; le tube A communique par un tuyau horizontal de faible diamètre fixé près de son extrémité inférieure, avec le milieu de B; B communique de la même façon avec C qui débouche dans D. Quand on établit la communication entre A et B, le niveau dans A tombe; en B il s'élève jusqu'à un maximum (dépendant des hauteurs d'eau respectives) avant que A soit vide. Si A avait été rempli de façon à garder son niveau constant, les niveaux

Digitized by Google

de B et C seraient eux aussi restés constants. Ceci représente la transformation d'une série radioactive, par exemple, de Ra en équilibre avec son émanation, exactement le même nombre de molécules liquides quittant chacun des trois tubes dans chaque unité de temps.

Ayant démontré que l'électroscope vient au repos beaucoup plus rapidement quand on l'excite par l'émanation d'actinium (durée 3,5 secondes) qu'avec l'émanation de thorium (54 secondes), sir Rutherford démontre la difficulté de l'analyse radioactive. Il prend une feuille de platine qu'il coupe en trois, après avoir montré qu'elle est devenue fortement radioactive par suite d'exposition à l'émanation de l'actinium. Le premier morceau est placé dans de l'acide chlorhydrique, puis trempé dans de l'alcool et séché au-dessus d'un bec Bunsen ; la radioactivité a pratiquement disparu. Le second morceau est chauffé dans la flamme ; le dépôt est volatilisé, et la radioactivité a disparu. Le troisième morceau est trempé dans de l'eau seulement ; l'activité subsiste, parce que le dépôt est insoluble dans l'eau ; mais un échantillon semblable, exposé au chlore avant la conférence, a perdu son activité dans l'eau. Quand l'émanation est maintenue enfermée dans de minces tubes de verre, pendant de longues périodes, seuls certains produits subsistent et recouvrent le verre, qu'ils décolorent. Brisant un tel tube de polonium et le plongeant dans de l'acide chlorhydrique chaud, le conférencier fait dissoudre le dépôt qui se précipite de nouveau sur un morceau de cuivre trempé dans la solution. Celle-ci, électrolysée au moyen de deux petites électrodes en circuit avec quelques piles, dépose du polonium sur la cathode (et non sur l'anode). Un autre morceau de cuivre exposé à l'émanation de radium devient très actif ; cependant, il n'y a rien qui ressemble à une couche continue sur sa surface ; il y a peut-être 1 atome de Ra C pour 50 atomes de cuivre.

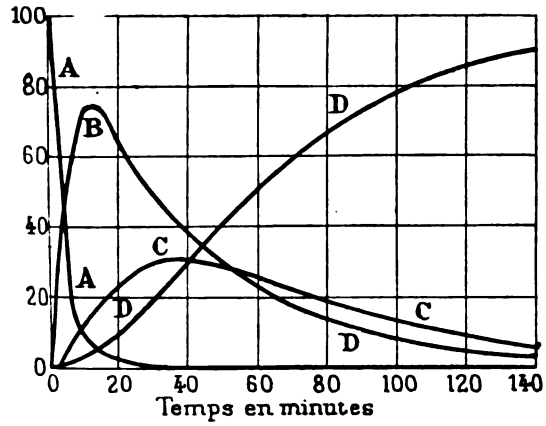


Fig. 2. — Nombre relatif d'atomes de radium A, B, C, D, présents à tout instant.

Parmi les produits de l'émanation du radium, Ra A, Ra B, Ra C sont les plus importants. Ra A a une durée très courte (3 minutes) ; Ra B peut être volatisé à 700°, de sorte que, après cette opération, Ra C reste seul. Ceci peut se faire en dissolvant le dépôt formé sur les parois d'un tube en verre et en plaçant un morceau de feuille ou de fil de nickel dans la solution chaude. Ra C est ainsi obtenu presque pur, exempt de Ra B. L'émanation du thorium (durée 54 secondes seulement) peut être traitée de façon analogue et deux tiers du thorium C se déposent sur le nickel. En étudiant les propriétés de l'émanation du radium : Soddy et Rutherford ont essayé de la condenser à l'aide de neige carbonique. Ils n'avaient pas de machine à air liquide à l'époque, mais, avec les premiers 25 cm³ d'air liquide qu'ils produisirent par la suite, ils condensèrent une certaine quantité d'émanation à — 150°, à très basse pression. Pour préparer l'émanation, le sel de Ra était dissous dans de l'eau : les rayons décomposaient une partie de l'eau en hydrogène et oxygène (qui se recombinaient aussi partiellement sous l'action des rayons) ; ces gaz étaient enlevés et l'émanation restante était condensée dans un tube en U. Un gramme de Ra engendre, au bout d'environ 30 jours, un volume de 0,6 mm³ d'émanation (en équilibre à la pression et à la température normales), et c'est avec de telles quantités que les deux savants ont fait leurs expériences. Les sels de radium eux mêmes ne pouvaient pas servir aux expériences ; ils étaient trop coûteux et contaminaient le laboratoire. L'émanation bout à — 65° ; elle se solidifie en une tache orangée ; son poids atomique est de 222 ; son nombre atomique, 86 ; sa demi-période 3,85 jours. C'est le gaz le plus lourd connu ; il a un spectre d'une cinquantaine de lignes brillantes, tout à fait distinctes de l'hélium et des autres éléments et est fortement absorbé par le charbon de bois, les huiles et l'eau.

Pour montrer les caractéristiques du gaz, sir Rutherford emploie un tube horizontal en verre (connecté à une extrémité à une pompe Gaede), sur lequel est branché un tube en charbon de bois et trois tubes plus petits contenant respectivement de la willemite, substance donnant une phosphorescence rouge, et du sulfure de zinc. L'émanation est introduite dans le tube principal par un autre tube dérivé plongeant dans une cuve de mercure. En enveloppant différentes parties de l'appareil avec du coton, en trempant ce coton dans de l'air liquide et en immergeant le charbon dans l'air liquide, l'émanation se condense d'abord dans le tube phosphorescent rouge ; elle est ensuite amenée par un chauffage modéré dans le tube en willemite et finalement dans le sulfure de zinc où elle demeure, ce qui rend le sulfure phosphorescent d'un vert brillant, même en plein jour.

Ayant employé le terme de période transformation, le conférencier explique ce qu'il faut entendre par cette expression. Par exemple, pour le radium, dont la période est de 1 650 années, elle signifie qu'il ne subsistera, au bout de 10 000 ans que $\frac{1}{2^6} = \frac{1}{64}$ gr (car 10 000 égale environ $6 \times 1\,650$). La période de l'uranium serait de 5 000 millions d'années. Par contre, l'actinium n'a qu'une période de 0,002 seconde. Quand nous examinons les trois familles radioactives de Ra, Th, Act, nous constatons de nombreuses similitudes. Toutes donnent des émanations et des dépôts actifs et ces ressemblances n'impliquent aucune relation entre les propriétés de chaque famille, sinon pour la classification périodique de Mendeleef. La nomenclature n'est pas systématique, puisque les savants des différentes parties du monde ont rencontré de nouveaux produits à différents stages de leur travail. Un congrès international règlerait la question.

Il resterait à déterminer, si possible, une règle ou ordre dans les propriétés chimiques de ces grands groupes d'éléments transformables. Y a-t-il une relation entre elles et les propriétés correspondantes des éléments ordinaires et peut-on établir une relation entre les caractéristiques chimiques des membres successifs d'une famille et le type de radiation émise pendant les transformations ? On a constaté que les propriétés des membres successifs diffèrent souvent beaucoup. Ainsi le radium est un solide ayant des affinités chimiques marquées, alors que l'émanation est un gaz appartenant au groupe argon et dépourvu de propriétés chimiques. Après avoir étudié les transformations du groupe uranium d'éléments radioactifs, le conférencier termine sa quatrième

Digitized by Google

communication en exposant la méthode de détermination de l'effet des particules simples α et en montrant comment le Dr Geiger détermine le nombre de particules α émises par seconde, au moyen d'un électromètre à corde.

Dans sa cinquième conférence, sir Rutherford montre que le nombre de particules α peut également être déterminé par la méthode de scintillation de Crookes. Chaque particule α qui frappe un écran de sulfure de zinc produit une très intense lueur qui ne dure que $\frac{1}{40\,000}$ de seconde. Pour permettre l'observation de ce phénomène, MM. Adam et Hilger ont construit un microscope spécial qui donne un champ de 40 mm² et sur lequel 25 particules α peuvent tomber par minute. M. Wilson emploie une autre méthode pour déterminer le nombre des particules : il les fait passer à travers un air saturé d'humidité qu'elles ionisent. En passant à travers l'air humide, une particule α de Ra C produit 235 000 paires d'ions, dont chacune peut servir de noyau pour la condensation de la vapeur d'eau en gouttelettes minuscules. Ces gouttelettes sont beaucoup plus compactes dans le cas des particules α que dans le cas des particules β.

Depuis 1903, la nature et la vitesse des particules a été déterminée à l'aide d'expériences sur leur déviation par des champs électriques et magnétiques. Dans les champs magnétiques, la déviation dépend de la vitesse u de la particule; dans les champs électriques, de u^2 et, dans les deux cas, de la masse de la particule m. On envoie la particule sur une plaque photographique; si elle est déviée d'abord vers le haut, puis vers le bas quand on inverse le champ, la particule décrit deux trajets curvilignes et trace deux spots dont la distance représente le double de la déviation; on en déduit le rapport $\frac{E}{m}$. Ces expériences sont beaucoup plus difficiles à réussir avec les particules α qu'avec les particules β; dans le premier cas, les déviations sont très petites, à moins d'employer des champs ayant 10 000 fois l'intensité de ceux nécessaires dans le second cas. Cependant, MM. Geiger et Rutherford ont trouvé que la portée R de la particule α varie approximativement comme le cube de sa vitesse, de sorte que $u^3 = kR$. Ils ont également trouvé que pour les particules α le rapport $\frac{E}{m}$ est de 4823 unités électromagnétiques. Les expériences faites avec Ra C ont montré que $\frac{mu}{E} = 3{,}985 \times 10^5$; d'où $u = 1{,}922 \times 10^9$ cm = 20 000 km par seconde approximativement.

En ce qui concerne la chaleur constamment dégagée par les corps radioactifs, sir Rutherford signale que les premières mesures de Pierre Curie et A. Laborde ont été faites en 1903 à l'aide d'un calorimètre à glace Bunsen. Le conférencier emploie un appareil mieux approprié. Deux spirales égales en platine fin enroulées sur des tubes de verre forment deux bras d'un pont de Wheastone; la source de chaleur est placée à l'intérieur d'un tube, l'autre tube étant entouré d'une bobine compensatrice à travers laquelle un courant est envoyé pour compenser la déviation du galvanomètre du pont.

A l'aide de ce calorimètre électrique, il a été possible de déterminer la part que les rayons α, β et γ ont dans l'évaluation de la chaleur.

Dans sa sixième conférence, sir Rutherford expose les progrès récents apportés à l'étude des rayons β et γ. Les rayons β sont des électrons très rapides; les rayons γ sont des rayons X très pénétrants. On peut faire fonctionner des tubes de décharge à des potentiels de 150 000 v, mais il faudrait 2 ou 3 millions de volts pour produire des électrons ayant la vitesse et l'énergie des rayons β; quant à l'énergie équivalente à celle des rayons α, elle nécessiterait des tensions de 4 millions de volts. En employant un électromètre à corde et un tube compteur percé d'un petit trou et muni d'une aiguille, sir Rutherford montre que les rayons β du radium D font dévier fortement un électromètre, sauf lorsque le champ magnétique chasse les particules β. Quand la source est dans une position telle que les particules ne peuvent pas passer directement à travers le trou, il n'y a pas de déviation; mais quand une plaque métallique (aluminium, par exemple) est placée comme un miroir de façon à réfléchir les particules dans la bonne direction, la déviation se produit de nouveau, parce que les particules β sont facilement dispersées. Une plaque de plomb réfléchit mieux que l'aluminium. Dans les expériences suivantes, la source, constituée par 6 mg de radium, placés à plusieurs mètres de l'électromètre, produit des effets violents sur l'instrument. Un écran d'aluminium interposé sur le trajet des rayons affaiblit l'effet, mais quelques particules pénètrent cependant dans 5 cm de plomb.

Ce dernier effet n'est point dû à des particules directes β ou γ du radium, mais à des particules secondaires β mises en liberté dans le plomb par les rayons γ du radium. Le même effet, bien que plus faible, se produit dans les expériences avec les rayons X.

Pour étudier la longueur d'onde de ces rayons très pénétrants γ, il faut considérer la structure de l'atome. Le noyau est supposé entouré d'anneaux successifs (pas nécessairement circulaires) d'électrons, appelés anneaux K, L, M, N. Une particule β projetée hors du noyau peut éventuellement entrer en collision avec un électron, c'est-à-dire dans l'anneau K et le chasser. Mais l'anneau extérieur revient rapidement à son ancien état et attire un électron qui en prenant sa place émet des radiations caractéristiques de cet anneau particulier K. Nous pourrons donc observer, outre la radiation caractéristique (dans ce cas la radiation K), une radiation du noyau beaucoup plus pénétrante.

Afin de classer les rayons γ, Rutherford et H. Richardson placèrent, à l'intérieur d'une boîte montée dans un champ magnétique, du Ra B et du Ra C derrière un ou plusieurs écrans absorbants d'aluminium et firent entrer la radiation dans la chambre d'un électromètre, remplie, soit d'air, soit d'une vapeur plus lourde (iodure de méthyle). Les courbes A (air) et B (iodure de méthyle), de la figure 3, montrent, surtout

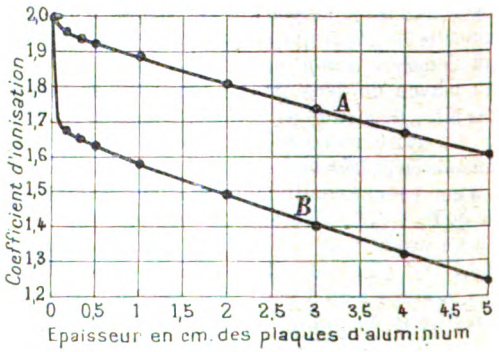


Fig. 3.

pour le deuxième cas, une chute initiale indiquant une rapide absorption, puis une diminution constante du taux d'absorption. Par ce moyen, on distingue trois composantes des rayons γ, avec des coefficients d'absorption de 230 cm^{-1},

Digitized by Google

40 cm^{-1} et 0,51 cm^{-1}. Les deux premiers coefficients caractérisent également les radiations M et L du plomb que l'on ne savait pas, à ce moment-là, être un isotope de RaB. Le plus petit coefficient trouvé pour les rayons γ (dans le cas de RaC est de 0,115 cm^{-1}.

Passant au spectre des rayons β, sir Rutherford considère la disposition de la figure 4, où S est la source des rayons,

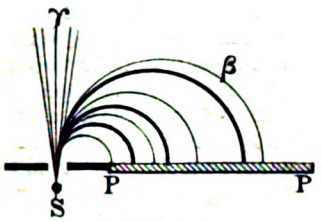


Fig. 4.

fixée dans une large fente d'un bloc épais de plomb, et PP une plaque photographique, le tout dans un champ magnétique intense. Avec cette disposition, les rayons γ seront dirigés selon un faisceau conique, tandis que les rayons β suivront un trajet circulaire. Quand la source est du RaF, peu riche en particules γ, le spectre est pratiquement continu; quand on emploie le RaB ou le RaC dans lesquels les rayons γ dominent, on peut distinguer des bandes dans le spectre β et ces bandes proviennent de la conversion des rayons γ en rayons secondaires β, par suite des collisions entre les rayons γ et les anneaux d'électrons entourant le noyau. La formule $E = h\nu$ est toujours applicable au cas de la conversion, mais une certaine énergie ω est dépensée pour enlever l'électron de sa place, de sorte que l'équation devient

$$h\nu_\gamma = E_\beta + \omega.$$

Les spectres d'absorption changent avec le métal à travers lequel les rayons γ sont envoyés. Sir Rutherford, au cours de sa conférence, a montré diverses photographies relatives à des cylindres de tungstène, de platine, de plomb et d'uranium. Chaque spectre consiste en un rectangle, noir foncé à gauche et plus clair à droite, la ligne de séparation des deux noirs se déplaçant de plus en plus vers la gauche pour les métaux indiqués précédemment. Ceci montre que les particules β des métaux plus légers se déplacent plus rapidement que les particules des métaux plus lourds.

En modifiant le dispositif de la figure 4 de façon à ce que les particules de même vitesse soient amenées au même foyer, C. D. Ellis a trouvé, l'an dernier, que chacun des quatre métaux ci-dessus donne trois lignes épaisses dans les spectres de rayons β; les énergies des rayonnements relatifs à ces lignes, correspondent à des tensions (en raison de la relation $h\nu = eV$) qui, exprimées en millions de volts (10^6v). sont les suivantes : tungstène W : 1,66; 2,20; 2,76; platine Pt : 1,58; 2,12; 2,69; plomb Pb : 1,49; 2,01; 2,60; uranium U : 1,22; 1,74; 2,31. Certaines de ces lignes ont été précédemment déterminées par de Broglie. Si chacune d'elles était excitée par un rayon γ, l'énergie du rayon γ respectif serait plus grande que l'énergie précédente, à cause de l'énergie nécessaire pour enlever l'électron respectif de l'atome. Cette énergie ω a été calculée d'après les travaux de Siegbahn et elle s'élève pour W à 0,693; Pt : 0,762; Pb : 0,891; U : 1,178. En ajoutant ces termes ω aux premières valeurs, on obtient pour les trois lignes : W : 2,35; 2,89; 3,45. Pt : 2,36; 2,91; 3,46. Pb : 2,38; 2,92; 3,49. U : 2,40; 2,92; 3,49, c'est-à-dire les mêmes énergies γ pour chacune des trois lignes des quatre éléments. Cela prouve que les divers rayons secondaires β observés étaient réellement excités par trois rayons γ venant, non du métal respectif, mais de la source radioactive.

Les énergies des rayons γ ont permis de déduire les fréquences et, par suite, les longueurs d'onde par la relation de Planck. Ellis a ainsi trouvé que l'ensemble des six rayons β (trois lignes minces entre les trois lignes épaisses dont nous avons parlé) pouvait s'expliquer par six radiations γ couvrant l'intervalle de longueurs d'onde 0,0519 à 0,0308 en unités Angström.

Pour terminer, sir Rutherford explique pourquoi on suppose que ces rayons γ prennent naissance dans le noyau et non dans l'espace entre l'anneau intérieur K et le noyau. Après cette explication, il conclut à la présence d'un système d'oscillations de très haute fréquence à l'intérieur du noyau, de même qu'il existe un système d'oscillations électroniques à l'extérieur du noyau, système que Bohr a étudié. Pour cette raison, il serait désirable d'effectuer des expériences avec les plus hauts potentiels de décharge possibles. — G. M.

Electrons de rayons X (1).

On sait, depuis quelques années, que les rayons X ont la propriété d'expulser des électrons de grande vitesse de la surface des substances qu'ils rencontrent

Les premiers essais, suivis de succès, pour la mesure de la vitesse de ces électrons de rayons X furent effectués par Dorn en 1900, et par Inner en 1907, et leurs résultats ont montré que la vitesse est comprise entre 6.10^9 et 8.10^9 cm : s, et qu'elle est indépendante de l'intensité des rayons X.

En 1912, l'auteur s'est attaqué au problème, en le considérant sous un angle différent, par l'interprétation des expériences sur l'absorption dues à Beatty. Cet auteur ayant mesuré le parcours dans l'air des électrons de rayons X, il fut possible d'en déduire la vitesse initiale, et on obtint la valeur $10^8 \times A$, où A est la masse atomique de l'élément qui fournit les rayons X.

Il fut signalé récemment que ce résultat, assez approximatif en raison de la nature des expériences, pouvait s'exprimer en fonction du numéro atomique, et que pour ces électrons de rayons X les plus rapides, une formule analogue à celle de Moseley pour les rayons X était approximativement vraie.

Il faut noter, cependant, que la méthode qui vient d'être mentionnée est seulement capable de déterminer, approximativement, la vitesse des électrons les plus rapides et se trouve incapable de prouver avec certitude l'existence de groupes indépendants de vitesse plus faible, à moins que, naturellement, de tels groupes ne soient largement séparés.

On a entrepris le présent travail dans le but d'étendre ces résultats. Pendant le cours des expériences, de Broglie a publié des résultats de la plus grande importance concernant le même problème; ils sont confirmés, dans l'ensemble, par les observations de l'auteur.

L'appareil employé pour mesurer la vitesse des électrons de rayons X est représenté figure 1. Un ballon de quartz B est muni d'une cathode C, et d'une anticathode T dont la surface est en rhodium, et qui est refroidie par un courant d'eau traversant les tubes D_1 et D_2. Immédiatement au-dessous de T se trouve la chambre à fente en aluminium J (que la droite de la figure montre agrandie), sur les trois

(1) R. Whiddington. *Phil. Mag.*, juin 1922, t. XLIII, 1116-1126, 3 500 mots, 1 fig., 1 tab.

Digitized by Google

faces intérieures de laquelle l'élément fournissant les électrons de rayons X était étalé sous la forme d'une mince feuille métallique, ou de poudre. La face supérieure de J était constituée par une feuille d'aluminium, assez mince pour transmettre les rayons X émanant de T avec une faible absorption, assez épaisse cependant pour absorber complètement des électrons produits à l'intérieur de B. A est la chambre photographique, construite d'après le modèle employé par Rutherford et Robinson pour mesurer la vitesse

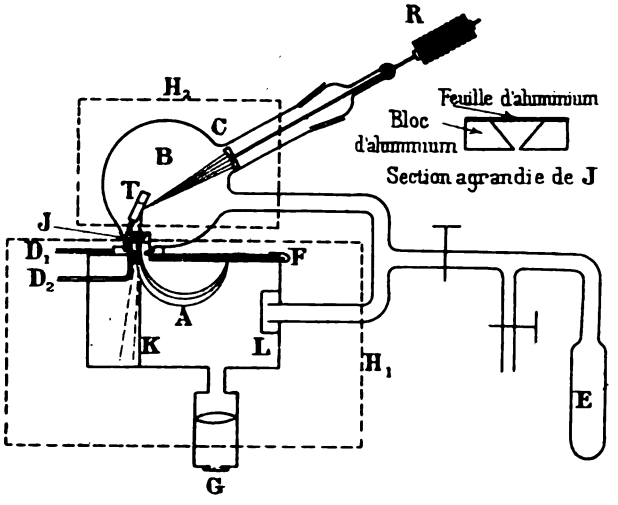


Fig. 1. — Appareil de mesure de la vitesse des électrons de rayons X.

des rayons β : en appliquant un champ magnétique uniforme perpendiculaire au plan de la figure, les électrons émanés de J viennent converger en un point de la plaque photographique F.

La cloison K s'oppose à ce qu'un rayonnement secondaire issu des parois de la chambre puisse atteindre la plaque photographique.

G est un collimateur permettant de projeter au-dessous, sur la plaque, l'image d'un point lumineux destinée à servir de repère. On vide à fond, d'abord à la pompe, puis par la méthode du charbon de bois plongé dans l'air liquide. Le champ magnétique uniforme employé pour courber la trajectoire des électrons était de 101,4 gauss. Le rayon de courbure de cette trajectoire variait dans ces conditions de 3 à 6 cm.

L'efficacité de ce mode de montage provient en grande partie du voisinage de J et de T, qui permet à l'intensité des rayons X parvenant à J d'être très grande. On obtient sur la plaque des lignes très bien définies, aussi étroites que la fente, dont la largeur était égale à 0,05 cm.

Comme il est commode d'exprimer les résultats en fonction de l'énergie des électrons plutôt que de leur vitesse, l'auteur propose de définir les électrons par la *fréquence équivalente* ν donnée elle-même par la relation bien connue $h\nu = \frac{1}{2} mv^2$, la correction de relativité ayant été introduite en calculant v au moyen de la relation $H = v \frac{m}{e}$. Les valeurs de ν ainsi obtenues comportent une erreur de l'ordre de 1 pour 100.

Huit éléments ont eté examinés au point de vue des électrons de rayons X qu'ils émettent, sous l'action du rayonnement X du rhodium [45] (1) ; ce sont : l'aluminium [13], le cuivre [29], le zinc [30], l'arsenic [33], le strontium [38], le molybdène [42], le tungstène [74], le bismuth [83].

L'explication de la plupart des bandes observées est possible en appliquant les relations de différence d'énergie suggérées par Rutherford en 1914 pour les rayons β et appliquées par de Broglie à ses expériences. Il y a cependant quelques lignes d'origine incertaine.

Dans l'ensemble, il y a un accord général entre les valeurs observée et calculée des fréquences effectives (ν) pour ces électrons de rayons X. Considérons, par exemple, le cuivre : Ces trois lignes de la plus petite fréquence doivent être attribuées à l'action de K_2 et K_3 du cuivre sur les anneaux d'électrons extérieurs à l'anneau K, et il faut noter que la ligne centrale du triplet doit être regardée comme due à deux séries d'électrons, l'une provenant de l'anneau L, l'autre des anneaux extérieurs, ou même d'électrons libres. En outre, la ligne 217 attribuée à l'éjection des anneaux extérieurs est très faible, observation en accord avec les résultats de Rutherford et Ellis relatifs aux rayons β.

Ce triplet K caractéristique se répète dans le cas du zinc, de l'arsenic, du strontium et du molybdène Dans le cas du tungstène et du bismuth, cependant, la radiation K n'est pas excitée, et, au lieu du triplet K, on obtient le quadruplet L, la ligne additionnelle étant due à la présence des trois fortes lignes L_α, L_γ et L_β dans le spectre L de rayons.

Un dernier point à mentionner est que l'émission d'électrons par un élément s'accroit en même temps que son nombre atomique. — L. B.

Sur le redressement des courants (2).

I. Définition et propriétés caractéristiques d'un redresseur. — Un redresseur est, par définition, un conducteur électrique, qui offre au courant alternatif une résistance plus grande dans un sens que dans l'autre. Il n'obéit généralement pas à la loi d'Ohm, ou ne lui obéit que dans certaines limites de la tension. On peut diviser les redresseurs en plusieurs classes : 1° en redresseurs totaux ou partiels ; 2° en redresseurs parfaits ou imparfaits qui sont à caractéristique symétrique ou dyssymétrique.

Un redresseur total est celui qui ne permet le passage du courant que dans un seul sens et conformément à la loi d'Ohm, c'est-à-dire en lui opposant une résistance constante. Les ondes redressées ne sont alors pas déformées. Certains redresseurs à cathode incandescente appartiennent à cette classe lorsque l'on ne dépasse pas une certaine limite de tension et lorsque la température de la cathode est convenablement choisie.

On a affaire à un redresseur partiel parfait lorsque l'appareil possède une résistance constante pour un sens du courant et une autre résistance constante pour le sens opposé du courant. Dans ce cas la loi d'Ohm ne s'applique que pour un certain sens du courant.

Un redresseur total imparfait est celui qui ne suit la loi d'Ohm que pour des limites très peu étendues de courant.

Quand un conducteur possède les mêmes propriétés irrégulières pour les deux sens du courant, on peut, en lui superposant une tension constante, obtenir un redresseur à

(1) Les nombres entre [ ] sont les numéros atomiques des éléments cités.

(2) August Hund. *Elektrotechnik und Maschinenbau*. 22 janvier 1919, t. XL, p. 37-40, 3 000 mots, 3 fig.

Digitized by Google

courant continu. La source auxiliaire est toujours nécessaire lorsque la courbe du courant en fonction de la tension est la même quel que soit le sens du courant. Elle a pour effet de détruire la symétrie et de produire un redressement partiel du courant.

Un redresseur partiel imparfait est celui qui a une caractéristique dyssymétrique et qui donne, par suite, un redressement partiel sans source auxiliaire. Toutefois, avec une source auxiliaire à courant continu bien choisie et convenablement branchée, on peut augmenter considérablement le pouvoir redresseur. Beaucoup de redresseurs à contact (cristaux) appartiennent à cette classe.

Au point de vue des dispositions techniques, on peut distinguer deux groupes principaux de redresseurs : le premier se compose des redresseurs à courant faible, le second des redresseurs à grosse intensité. Ce dernier groupe peut d'ailleurs se diviser en deux classes d'appareils : les uns à basse tension; les autres, à haute tension. Les redresseurs mécaniques sont difficiles à établir lorsque la tension à obtenir ou la fréquence sont élevées, parce que la vitesse convenable ne peut pas être obtenue.

II. Courant utile, facteur de forme et puissance d'un courant redressé. — Si la valeur moyenne d'un courant redressé est égale à

$$I_m = \frac{2}{\pi}\int_0^{\frac{\pi}{2}} (I_1 + I_2 \sin\theta)\, d\theta = I_1 + \frac{2}{\pi} I_2,$$

sa valeur efficace est

$$I_2 = \sqrt{\frac{2}{\pi}\int_0^{\frac{\pi}{2}} (I_1 + I_2 \sin\theta)^2 \, d\theta}$$

$$= \sqrt{I_1^2 + \frac{I_2^2}{2} + \frac{4}{\pi} I_1 I_2}.$$

Le facteur de forme est, par suite,

$$F = \frac{\pi\sqrt{I_1^2 + \frac{I_2^2}{2} + \frac{4}{\pi} I_1 I_2}}{\pi I_1 + 2 I_2},$$

dont le maximum est égal à 1,11. On sait, en effet, que le facteur de forme d'un courant sinusoïdal est le rapport de l'intensité efficace

$$I_{eff} = \frac{I_0}{\sqrt{2}}$$

à l'intensité moyenne

$$I_m = \frac{2 I_0}{\pi};$$

d'où

$$\frac{I_{eff}}{I_{moy}} = \frac{\pi}{2\sqrt{2}} = 1{,}11.$$

En général, on peut considérer le courant continu I_1 comme un courant de très basse fréquence, qui se superpose au courant alternatif I_2 de fréquence f. Alors la valeur efficace du courant redressé devient

$$I = \sqrt{I_1^2 + I_2^2}$$

et sa puissance

$$W = I_1 V_1 + I_2 V_2 \cos\varphi.$$

Que se passe-t-il maintenant si, au courant redressé des deux alternances, on applique une tension sinusoïdale $V \sin\omega t$? Le courant redressé dans un circuit de R ohms devient

$$I = \frac{V}{R}\left[\frac{2}{\pi} - \frac{4}{\pi}\sum \frac{\cos k\omega t}{k^2 - 1}\right]$$

$$= \frac{V}{R}\frac{2}{\pi}\left[1 - \frac{\cos 2\omega t}{3} - \frac{2\cos 4\omega t}{3\times 5} - \frac{2\cos 6\omega t}{5\times 7} - \dots\right].$$

Ce résultat montre qu'un courant continu égal à $\frac{2V}{\pi R}$ ou à $\frac{2}{\pi} I_0$ se superpose à un courant alternatif de fréquence double et à une série d'harmoniques d'ordre pair. Mais comme l'intensité de ce courant $I = \frac{2}{\pi} I_0$ et l'amplitude $\frac{4}{3\pi} I_0$ du courant alternatif de fréquence double I_e sont reliés par la relation

$$I = \frac{3}{2} I_e = \frac{3}{\sqrt{2}} I_e,$$

on voit que le courant redressé est égal à 212 pour 100 du courant alternatif de fréquence double superposé; la puissance fournie est donnée par

$$I^2 R = I_0^2 \frac{4}{\pi^2} R = \frac{8}{\pi^2}\cdot\frac{V^2}{2R}.$$

soit 81 pour 100 de la puissance primaire. Le courant alternatif de fréquence double dépense environ 18 pour 100 et le reste, soit 0,9 pour 100, est ajouté ou retranché par le jeu des harmoniques d'ordre pair. Ceci est évident si l'on remarque que la contribution du courant alternatif de fréquence double est

$$I_e^2 R = \left(\frac{I_0}{\sqrt{2}} \times \frac{4}{3\pi}\right)^2 R = \frac{16}{9\pi^2}\cdot\frac{V^2}{2R}.$$

Quand on n'utilise qu'une seule des alternances, le courant redressé est alors de la forme

$$I = I_0\left(\frac{1}{\pi} - \frac{1}{2}\cos\omega t + \frac{2}{3\pi}\cos\omega t - \frac{2}{3\times 5\pi}\cos 4\omega t - \dots\right),$$

c'est-à-dire qu'au courant continu $\frac{I_0}{\pi}$ se superpose un courant alternatif de valeur efficace

$$I_e = \frac{\pi}{2\sqrt{2}} \times \frac{I_0}{\pi} = \frac{I_0}{2\sqrt{2}}$$

Digitized by Google

et ayant même fréquence que le courant primaire, plus une série d'harmoniques d'ordre pair.

L'intensité du courant redressé $\frac{I_0}{\pi}$ ne représente plus que 90 pour 100 du courant alternatif fondamental qui lui est superposé. Comme dans le cas précédent, on démontrerait que la puissance redressée n'est que 40,55 pour 100, c'est-à-dire la moitié seulement de celle obtenue par le redressement des deux alternances. Il en reste 50 pour 100 dans l'onde fondamentale superposée et le reste, soit 9,4 pour 100, est consommée en pure perte par les harmoniques.

Il est évident que, si le redresseur obéit à la loi d'Ohm, sa résistance est la même en courant continu et en courant alternatif. Mais, si la caractéristique interne n'est pas linéaire, comme cela arrive souvent, il n'en est plus ainsi. Si, par exemple, la caractéristique est de la forme

$$I = kV^q$$

la conductivité sera égale à

$$g' = \frac{dI}{dV} = qkV^{q-1} = q\frac{kV^q}{V} = q\frac{I}{V} = qg,$$

c'est-à-dire que la conductivité sera q fois plus grande pour le courant à redresser que pour un courant continu quelconque. C'est le cas, par exemple, d'un redresseur à cathode incandescente qui, pour une valeur quadruple de la tension d'alimentation, présente une conductibilité doublée. On voit qu'on peut aussi dans le cas où la caractéristique interne est de la forme

$$V = \frac{a}{I} + b,$$

écrire

$$r' = -a\left(\frac{r}{V}\right)^2 = \left(\frac{b}{V} - 1\right)r.$$

III. Dispositifs pratiques pour le redressement d'un courant alternatif. — Les considérations précédentes montrent que les redresseurs parfaits n'utilisent qu'environ les 4/5 de l'énergie qu'on leur transmet. Il faut donc que le transformateur qui les alimente reçoive à ses bornes une puissance environ 1,25 fois plus élevée que la puissance à fournir. Quand le redresseur ne redresse qu'une seule demi-onde, la puissance de ce même transformateur se trouve être de 60 pour 100 trop élevée. Il est donc plus avantageux de redresser les deux demi-ondes, ce qu'on peut faire, soit par des dispositions spéciales, soit plus simplement en employant deux redresseurs. Pour les grosses intensités le redresseur à vapeur de mercure est le plus approprié. Toutefois la marche en parallèle de ces appareils offre, dans bien des cas, des difficultés parce que, en vertu de leur caractéristique interne, l'un des appareils peut prendre subitement toute la charge en déchargeant l'autre appareil. Toutefois le problème de la construction des redresseurs à grand débit est, dès maintenant résolu, même avec un seul appareil. On peut également construire des redresseurs à très haute tension qui fonctionnent bien jusque vers 100 000 v. Ces appareils sont tout indiqués pour être utilisés pour la précipitation des poussières.

Les redresseurs à vibration sont utilisés pour la charge des accumulateurs de 2 à 7 v et de 3 à 5 a. Ceux de la « Tungarat » peuvent même supporter 80 a.

Quand il suffit d'obtenir une tension à peu près constante, on peut employer le montage indiqué ci-contre (fig. 1).

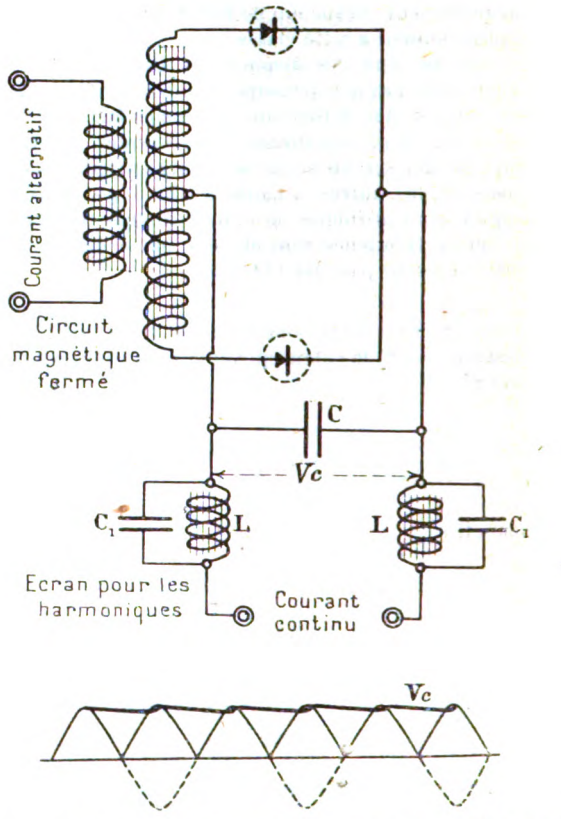


Fig. 1. — Montage d'un redresseur de courant alternatif à vapeur de mercure pour l'obtention d'un courant continu de faible intensité, mais de tension constante.

Le secondaire du transformateur est divisé en deux parties, les demi-ondes sont redressées et un condensateur C de 8 à 10 μF est intercalé entre le milieu du secondaire et le pôle commun du courant redressé. On complète l'installation par deux circuits résonants C_1L, qui ont pour but d'étouffer les harmoniques. Ce dispositif peut être employé avantageusement pour constituer la source auxiliaire à courant continu nécessaire pour un autre redresseur alimentant, par exemple, un oscillateur. Les circuits oscillants C_1L doivent être bien calculés, sinon ils sont plus nuisibles qu'utiles. Il faut, en outre, remarquer que l'impédance d'un redresseur dépend de la fréquence : un redresseur qui donne de bons résultats pour une basse fréquence peut en donner de moins bons pour une fréquence élevée. — J. C.

Digitized by Google

SECTION INDUSTRIELLE

Sur la vérification du branchement des compteurs à haute tension

M. F. Scoumanne a exposé, dans un récent article de la « Revue générale de l'Electricité » (29 juillet 1922), une méthode ingénieuse, dont l'application permet de vérifier l'exactitude des connexions d'un compteur d'énergie électrique alimenté, dans un système triphasé, par transformateurs réducteurs. Il nous a paru utile, pour compléter la substantielle documentation de cet auteur, de rappeler qu'il existe deux autres méthodes simples et presque classiques, répondant, avec une précision suffisante, au même but, dans les mêmes hypothèses. L'une, indiquée dans un excellent ouvrage pratique de M. Marec a été dernièrement développée ici même par cet auteur (1); l'autre, qui a été préconisée il y a quelques années déjà par la Société Westinghouse, fait l'objet de la présente note. Toutes deux ont le grand avantage d'être à la portée d'un bon monteur électricien et de faciliter, dans une large mesure, ainsi qu'il a été donné de le constater à l'auteur de cet article, la pose correcte des compteurs ou des wattmètres, dans la plupart des cas usuels.

Introduction. — Nous reprenons les notations de M. Scoumanne et nous écrivons que la puissance instantanée p du système considéré est de la forme

$$p = e_1 i_1 + e_2 i_2 + e_3 i_3,$$

la puissance moyenne P étant de la forme

$$P = \frac{1}{T}\int_0^T i_1 (e_1 - e_3)\,dt + \frac{1}{T}\int_0^T i_2 (e_2 - e_3)\,dt.$$

Nous supposons le système triphasé régulier, ce qui entraine d'une façon presque rigoureuse l'égalité en valeur absolue des tensions efficaces E_1, E_2, et E_3, dans chacune des branches de l'étoile; nous supposons, de plus, le système pratiquement équilibré, admettant ainsi que les intensités efficaces I_1, I_2, I_3, dans chacun des fils de ligne sont sensiblement égales, comme le sont les angles φ_1, φ_2, φ_3, de déphasage du courant sur la tension étoilée.

Nous nous plaçons, enfin, dans des conditions normales d'exploitation : celles où le circuit de distribution est constitué soit par des moteurs, soit par des transformateurs fonctionnant, lors des essais, à vide ou à charge réduite très inductive.

II. Exposé de la méthode. — Cette méthode suppose que le monteur a repéré sans difficultés chaque circuit d'intensité, chaque circuit de tension correspondant et qu'il n'a pas commis l'erreur grossière d'alimenter une bobine à gros fil avec un transformateur de tension ou un circuit de tension avec avec un transformateur d'intensité.

Il a réalisé ainsi le schéma classique dit « des deux wattmètres » (fig. 1) et seuls les sens des diverses connexions restent à déterminer. Le circuit série de la

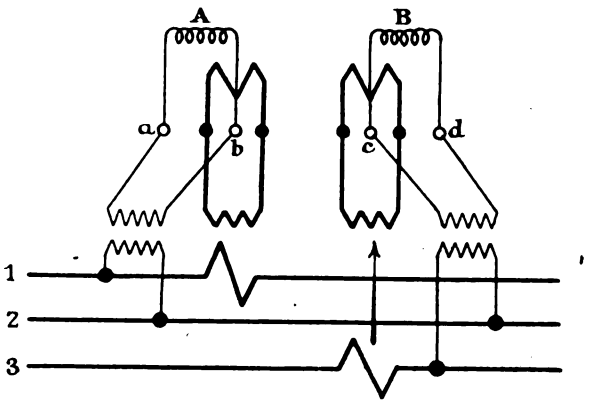


Fig. 1. — Branchement d'un compteur sur transformateurs (circuits triphasé).

phase 1 alimente alors, dans un sens quelconque, l'un des ponts du compteur, soit A; le circuit série de la phase 3 alimente l'autre pont et les tensions entre les fils 1-2 et 2-3, sont appliquées chacune à la bobine d'excitation correspondante.

Le processus de la vérification est alors le suivant :

(1) *Revue générale de l'Electricité*, 30 septembre 1922, t. XII, p. 477.

Digitized by Google

a) Déterminer la phase prépondérante et la connecter de telle sorte que, sous son action, le compteur tourne dans le sens *direct*.

Supposons par exemple que c'est la phase 3 ; soit cd son circuit de tension et soit B le pont correspondant du compteur.

b) Déconnecter ab et cd ; alimenter le pont A avec la tension cd (repérée ci-dessus), et connecter de telle sorte (en inversant au besoin le circuit série ou les bornes tension du compteur) que, sous l'action du pont A, le compteur tourne dans le sens *inverse*.

c) Déconnecter à nouveau ab et cd. Alimenter le pont B avec la tension ab, non encore repérée, et connecter de telle sorte (en inversant au besoin les fils arrivant aux bornes a et b) que le compteur tourne dans le sens *direct*. Marquer alors a et b les bornes correspondant à c et d.

d) Connecter en alimentant le pont A avec a et b ; le pont B, avec c et d. Les connexions doivent être alors régulières.

L'examen du diagramme vectoriel (fig. 2) permet de

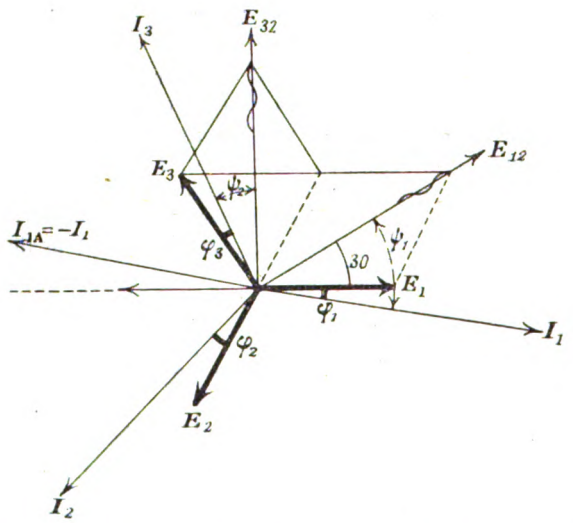


Fig. 2. — Diagramme vectoriel correspondant à la figure 1.

se rendre aisément compte de la légitimité des manœuvres indiquées :

a) Le système étant équilibré comporte toujours une phase prépondérante positive qui doit faire tourner le compteur dans le sens direct.

b) En excitant la phase faible soit, par exemple, I_1, avec la tension correspondant à la phase prépondérante, soit E_{32} on réalise un couple de la forme

$$KI_1E_{32}\cos\left(\varphi+\frac{\pi}{2}\right)$$

qui, sauf pour $\varphi=0$ (condition rarement réalisée lors des essais à faible charge), correspond à une rotation du compteur dans le sens *inverse*.

c) En excitant la phase prépondérante soit I_3 avec la tension correspondant à la phase faible, soit E_{12} on réalise un couple de la forme

$$KI_3E_{12}\cos\left(\frac{\pi}{2}-\varphi\right)$$

qui, sauf pour $\varphi=0$, correspond à une rotation du compteur dans le sens *direct*.

III. — **Application de la méthode.** — La vérification des connexions d'un compteur triphasé par le procédé que nous venons de rappeler est rapide et bien suffisante dans la pratique.

Comme celle qui est indiquée par M. Marec et que nous avons eu l'occasion d'appliquer également, cette méthode suppose que les phases de distribution sont sensiblement équilibrées. S'il en était autrement — si la distribution comportait, par exemple, des moteurs triphasés, des fours électriques monophasés ou des lampes inégalement réparties — les conclusions ne seraient plus vraies. Il faudrait alors répartir également les charges ou reconnaître de toute autre façon (courant continu avec galvanamètre balistique, par exemple) les polarités et les sens des enroulements. Toutes deux se simplifient beaucoup si l'installation ne comporte pas de transformateur shunt et si le compteur possède une borne d'excitation commune aux deux bobines tension.

Remarquons, enfin, que ni l'une ni l'autre ne s'appliquent aux wattmètres ou compteurs d'énergie réactive ; l'alimentation de ces derniers exige, pour être correcte, une étude spéciale.

Ch. Devant,
Ingénieur E. C. P.
à la Société des Forces du Fier.

Digitized by Google

L'usine hydroélectrique de L'Isle-Jourdain (Vienne)

Les installations électriques de la Société des Forces motrices de la Vienne

Le versant de l'Atlantique, entre Nantes et Bordeaux, est pauvre en énergie hydraulique. La Société des Forces motrices de la Vienne, créée en 1914, s'est donné comme but l'utilisation des ressouces hydrauliques de la Vienne. Elle a dressé un programme d'aménagement de cette rivière et a réalisé une partie de ce programme en mettant en marche, l'an dernier, une usine hydroélectrique d'une puissance d'environ 8 000 chevaux établie à L'Isle-Jourdain. L'article ci-dessous donne une vue d'ensemble des installations déjà effectuées par la Société des Forces motrices de la Vienne dans le but de développer l'usage de l'énergie électrique dans nos départements de l'Ouest compris entre les cours inférieurs de la Loire et de la Gironde. Ensuite est donnée une description de l'usine et du barrage de L'Isle-Jourdain, dont les heureuses dispositions peuvent être prises comme modèles pour la construction d'installations hydroélectriques sur cours d'eau à faible pente.

I. L'aménagement hydraulique de la Vienne et l'électrification de la région.

I. Le programme de la Société des Forces motrices de la Vienne. — L'usine hydroélectrique de L'Isle-Jourdain appartient à la Société des Forces motrices de la Vienne. Celle-ci a été constituée en juin 1914, au capital de 4 millions de francs, porté à 12,5 millions en 1921, en vue de l'aménagement hydraulique de la Vienne dans la partie de son cours comprise entre Limoges et Châtellerault, ainsi que de la transmission et la distribution de l'énergie dans la région de l'Ouest, s'étendant des bords de la Gironde à ceux de la Loire, et comprenant, en tout ou partie, les départements de la Vienne, des Deux-Sèvres, de la Vendée, de la Charente-Inférieure, de la Charente, de la Loire-Inférieure et du Maine-et-Loire (fig. 1).

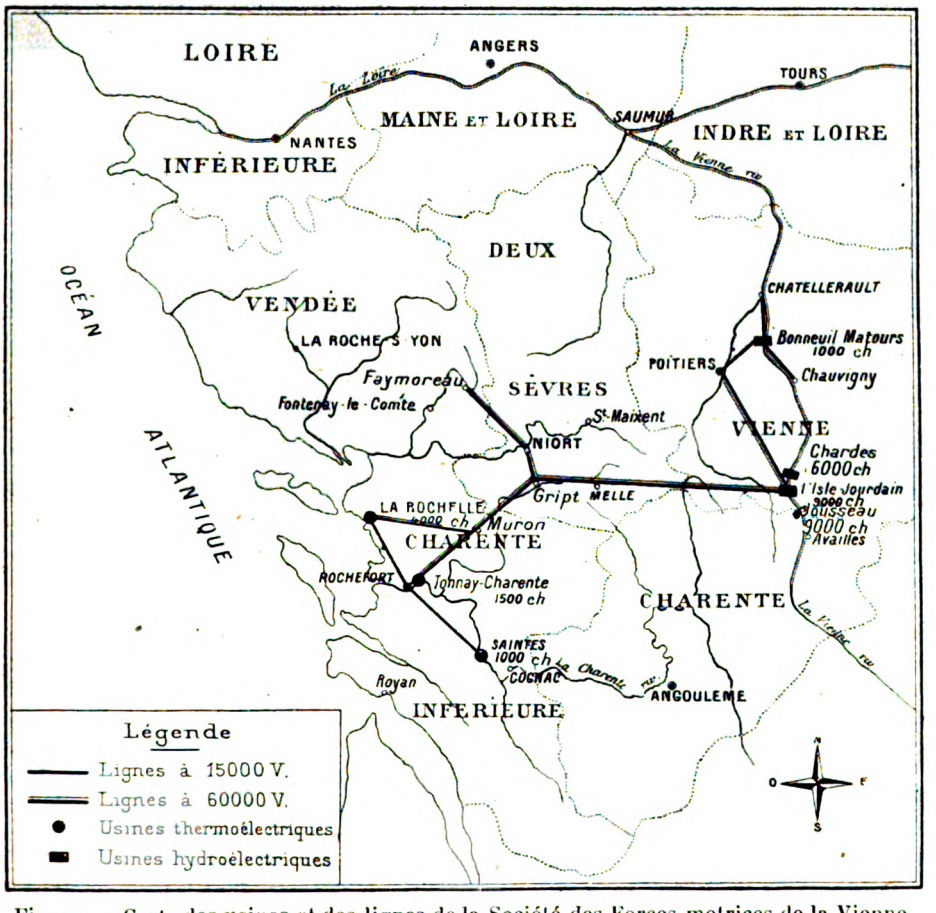


Fig. 1. — Carte des usines et des lignes de la Société des Forces motrices de la Vienne.

Pour atteindre le but qu'elle s'était assigné, la Société des Forces motrices de la Vienne a commencé par s'assurer une clientèle importante dans la région qu'elle se proposait de desservir. C'est ainsi qu'elle a passé des contrats avec la Compagnie française d'Eclairage et de Chauffage par le Gaz, concessionnaire de la distribution de l'énergie électrique dans les villes de La Rochelle et de Niort; avec la Société du Gaz de Rochefort, concessionnaire dans cette dernière ville; avec l'Administration des Chemins de fer de l'État pour l'alimentation des ateliers et des gares de Saintes, Niort et autres localités de son réseau; avec la société L'Electrique des Deux-Sèvres; avec la Société d'Electricité de Surgères, Aigrefeuille

Digitized by Google

et extensions, etc. Elle dessert, directement ou par l'intermédiaire des compagnies locales de distribution, les principaux établissements industriels et services publics de La Rochelle-La Pallice, de Rochefort, de Saintes, notamment : les entrepôts frigorifiques et les installations de la Chambre de Commerce de La Rochelle-La Pallice, l'arsenal de Rochefort et les usines de la Compagnie asturienne des Mines. Elle a également passé des contrats de fourniture de courant avec la Compagnie générale du Gaz pour la France et l'Etranger, concessionnaire de la ville de Poitiers; avec la Manufacture nationale d'Armes de Châtellerault; avec la Société industrielle des Parquets de Chêne de Chauvigny, etc.

II. **Les usines hydrauliques de la Société des Forces motrices de la Vienne.** — 1. Usine de Bonneuil-Matours. — Pour desservir sa clientèle, la Société des Forces motrices de la Vienne ne disposait que d'une petite usine hydraulique située à Bonneuil-Matours, sur la Vienne (voir fig. 1), acquise au moment de la constitution de la société. Cette usine est alimentée par une chute d'une hauteur de 2 m en basses eaux et de 1,60 m en hautes eaux, créée au moyen d'un

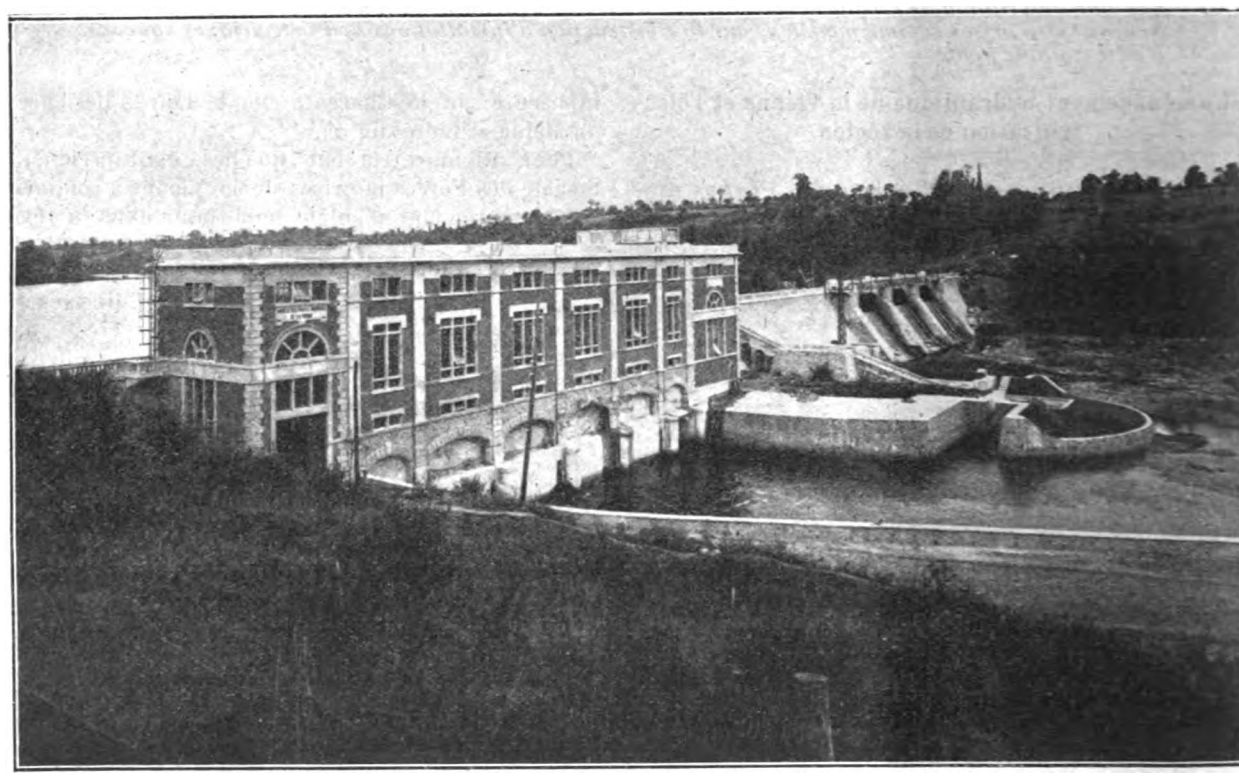


Fig. 1 — Vue de l'usine et du barrage de L'Isle-Jourdain, prise de l'aval, après achèvement, le 11 septembre 1921.

barrage-déversoir, en maçonnerie, avec vannettes amovibles pour l'écoulement des crues. Elle ne comportait primitivement que deux turbines verticales, de 160 ch chacune, actionnant, par engrenages d'angle et courroie, un alternateur de 290 kv-a. Un nouveau groupe générateur y a été installé par la Société des Forces motrices de la Vienne; ce groupe comprend deux turbines verticales de 270 ch chacune, spécialement construites pour utiliser les débits variables de la rivière sous des hauteurs de chute variables tout en conservant un bon rendement à toutes charges, et un alternateur à axe horizontal entraîné par l'intermédiaire d'engrenages coniques Citroën. La Société des Forces motrices de la Vienne a, en outre, installé, dans l'usine même, un poste de transformation élevant à 15 000 v la tension de 210 v produite par les alternateurs.

Cette usine alimente la région de Bonneuil-Matours, et, par des lignes à 15 000 v, Châtellerault, Chauvigny et Poitiers.

2. Les usines de Jousseau, de L'Isle-Jourdain et de Chardes. — La faible puissance de l'usine de Bonneuil-Matours mettait la Société des Forces motrices de la Vienne dans l'obligation d'exécuter aussi rapidement que le permettaient les circonstances, son programme d'aménagement hydraulique de la Vienne. Ses efforts portèrent tout d'abord sur l'aménagement de la partie de cette rivière comprise entre Availles et Chardes (fig. 1).

Entre ces deux points, distants de 16 km, la Vienne

Digitized by Google

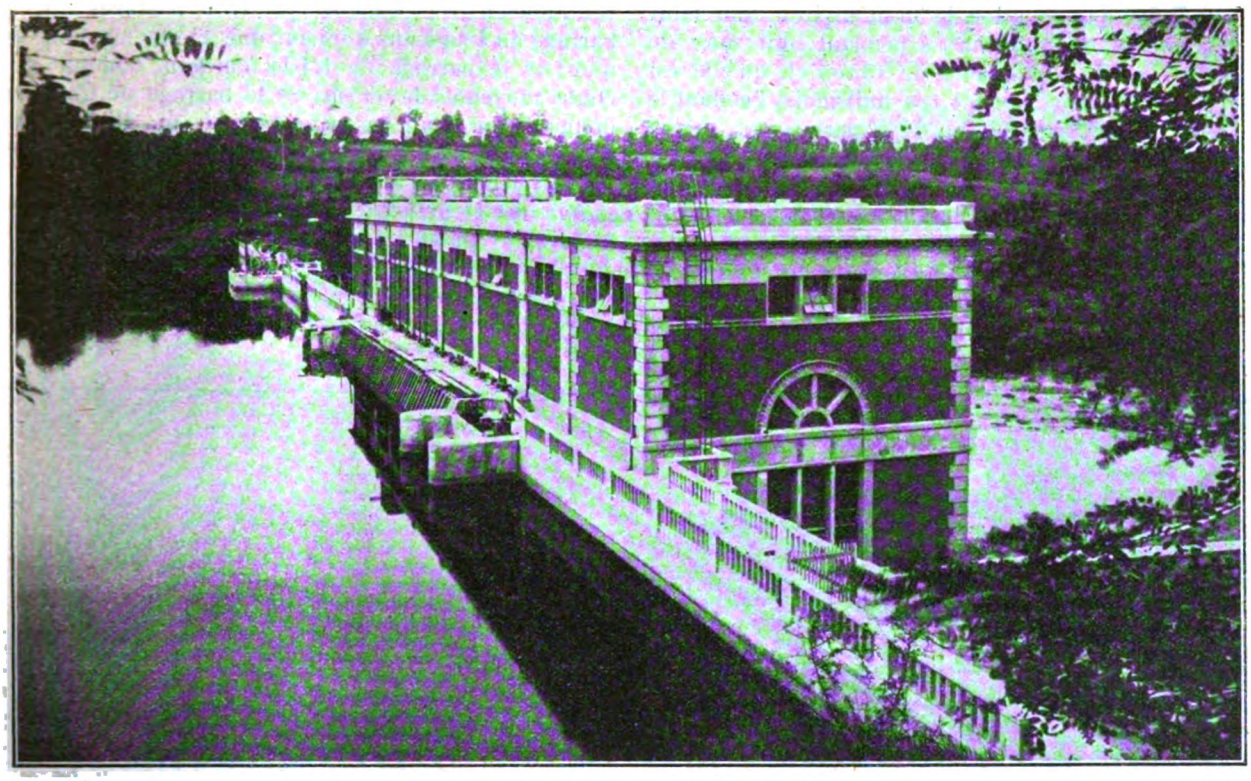


Fig. 3. — Vue de l'usine et du barrage de L'Isle-Jourdain, prise de l'amont, après achèvement, le 11 septembre 1921.

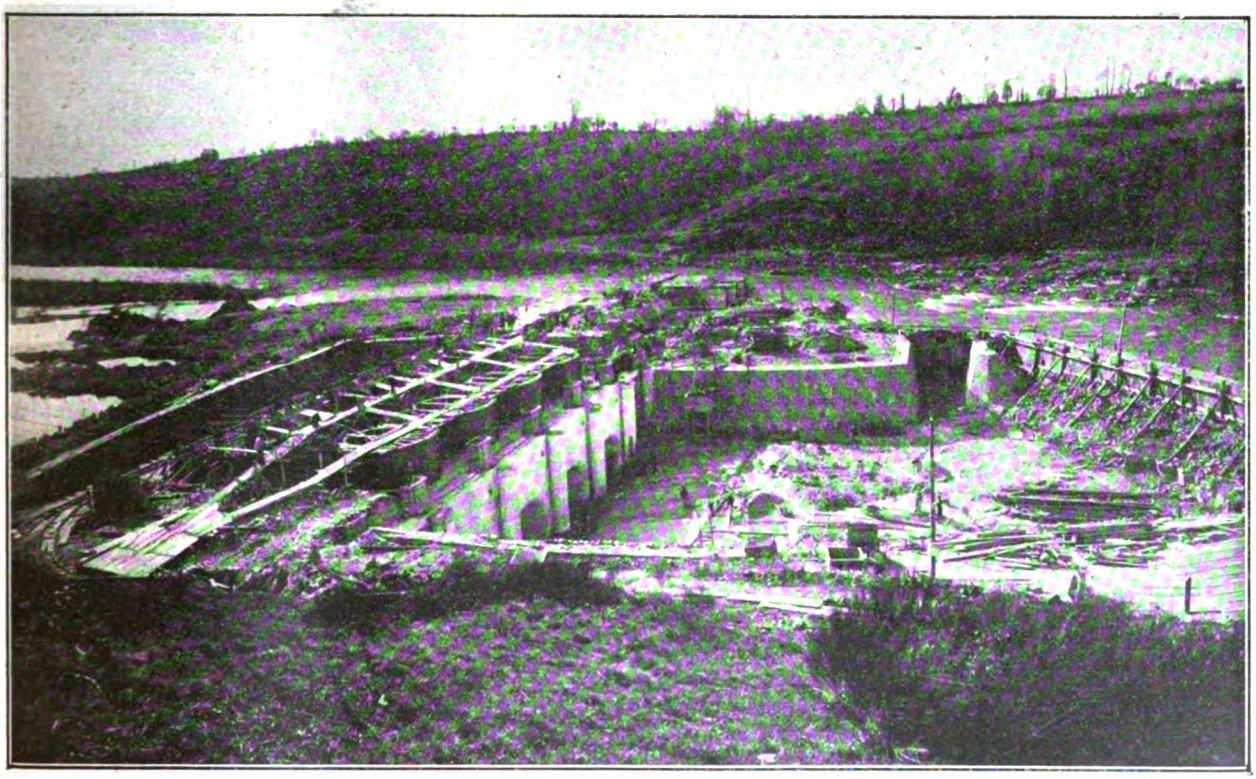


Fig. 4. — Vue des fondations de l'usine, prise de l'aval en février 1920.

Digitized by Google

présente une dénivellation de 30 m environ. Son débit atteignant au moins 60 m³ : s pendant huit mois de l'année, c'est une puissance de 18000 ch qu'elle est capable de fournir pendant ces huit mois. Pendant le reste de l'année, son débit descend parfois à 12 m³ : s, réduisant ainsi la puissance disponible aux environs de 4 00 ch; mais, par contre, le débit dépasse souvent 60 m³ : s, ayant atteint en temps de crues jusqu'à 200 m³ : s pendant la période de dix ans sur laquelle on a des données certaines, mais pouvant même s'élever à 800 m³ : s d'après des renseignements locaux.

L'étude du terrain a conduit à partager cette dénivellation en trois échelons par trois barrages : 1° le barrage de Jousseau, donnant une chute moyenne de 9 m; 2° le barrage de L'Isle-Jourdain, donnant une chute moyenne de 11 m; 3° le barrage de Chardes, donnant une chute moyenne de 7,5 m. De ces barrages, un seul, celui de L'Isle-Jourdain, est actuellement construit.

Barrage et usine de Jousseau. — Ce barrage sera établi à 8 km en amont du barrage actuel de L'Isle-Jourdain; il donnera une chute dont la hauteur variera de 10,5 m en basses eaux à 8 m en hautes eaux. L'usine comportera trois groupes générateurs de 2000 ch; une

Fig. 5. — Vue des fondations de l'usine, prise de l'amont en février 1920.

place sera réservée pour un quatrième groupe. Un poste de transformation élèvera à 60 000 v la tension de 5 000 v des courants produits par les machines.

Barrage et usine de L'Isle-Jourdain. — On trouvera dans la seconde partie de cet article la description de ces installations qui, comme nous l'avons dit, sont en service et dont les figures 2 et 3 donnent des vues prises après achèvement en septembre 1921 et les figures 4, 5, 6 et 7 des vues prises à différents stades de la construction; ces dernières montrent la rapidité avec laquelle furent exécutés les travaux en 1920 et 1921.

Barrage et usine de Chardes. — Le barrage et l'usine de Chardes seront établis à 2 km en aval du bourg de L'Isle-Jourdain. La Vienne, en cet endroit, est divisée en deux bras par une île allongée, comme à l'emplacement du barrage de L'Isle-Jourdain. Les dispositions générales prévues pour ce barrage et cette usine sont dès lors analogues en tous points à celles adoptées à L'Isle-Jourdain; l'usine fera partie intégrante du barrage et sera installée sur le petit bras, qui correspond à la rive droite de la rivière.

Le barrage, dont les travaux sont commencés, donnera une chute d'une hauteur variant entre 8,17 m en basses eaux et 5,40 m en hautes eaux. L'usine comportera trois groupes générateurs de 1600 ch; une place sera réservée pour un quatrième groupe.

III. **Les usines thermiques de la Société des Forces motrices de la Vienne.** — En raison du

Digitized by Google

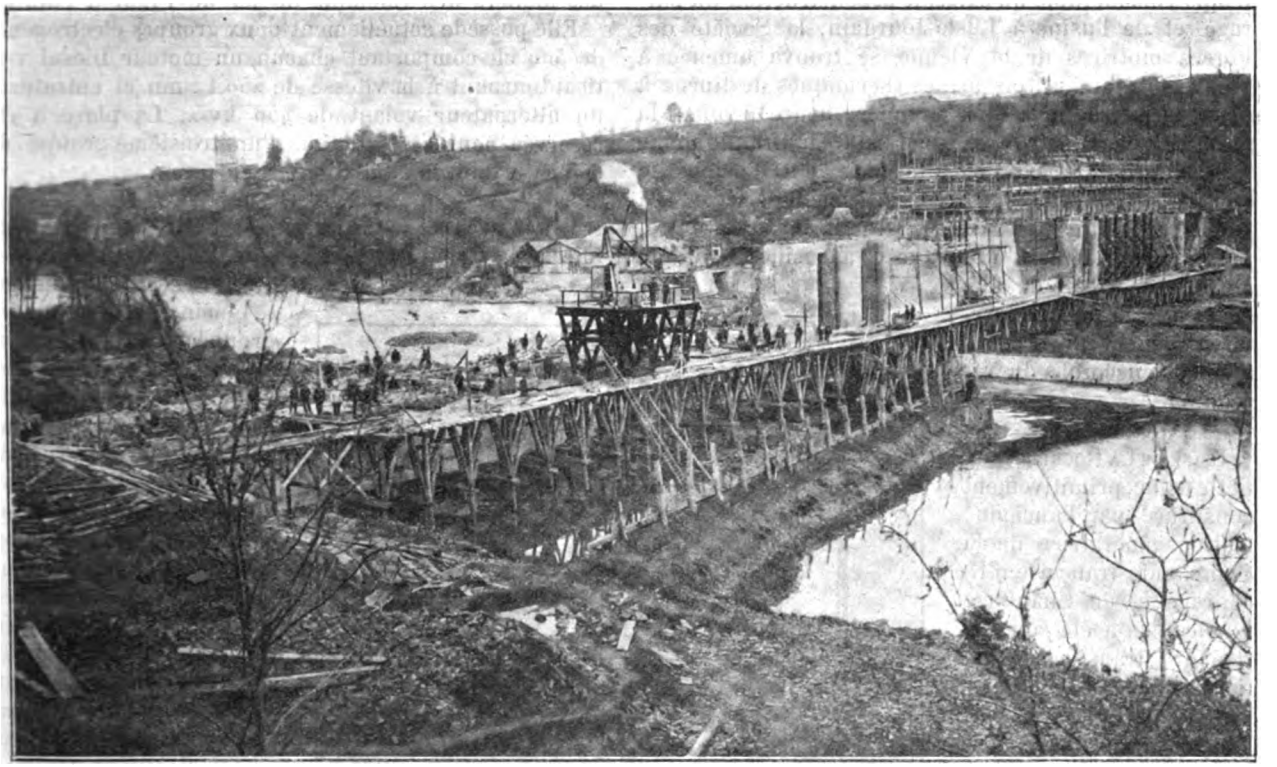


Fig. 6. — Vue de l'usine et du barrage, prise de l'amont le 29 novembre 1920.

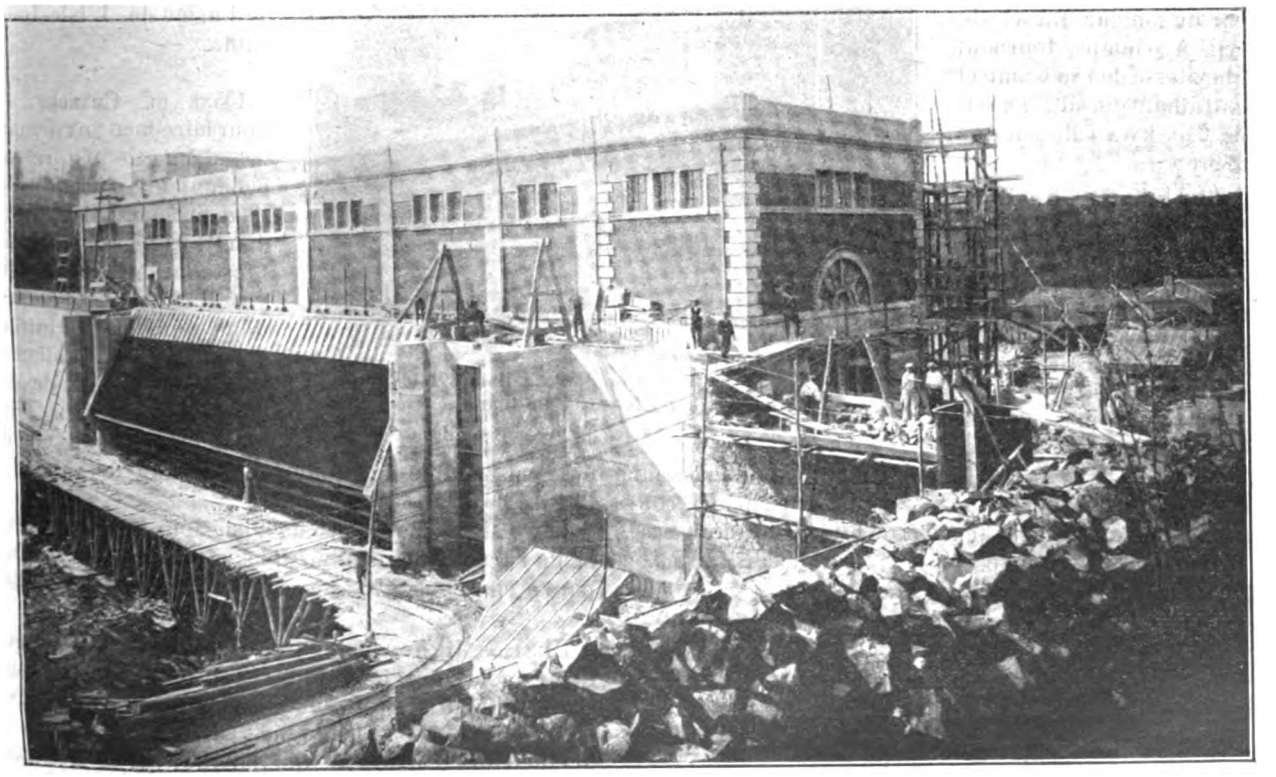


Fig. 7. — Vue de l'usine, prise de l'amont le 21 avril 1921.

Digitized by Google

temps considérable qu'exigeait la construction du barrage et de l'usine à L'Isle-Jourdain, la Société des Forces motrices de la Vienne se trouva amenée à mettre en marche trois usines thermiques destinées à desservir la clientèle de la première heure pendant la durée de la construction de l'usine hydraulique de L'Isle-Jourdain et à servir ultérieurement d'usines de secours; ces usines sont respectivement situées à La Rochelle, Saintes et Tonnay-Charente. Il est, en outre, prévu la construction d'une quatrième usine thermique à Chardes, à côté de l'usine hydraulique, pour servir également de secours à tout l'ensemble du réseau.

Usine de La Rochelle. — Cette usine, primitivement constituée par l'ancienne station génératrice de la Compagnie française d'Eclairage et de Chauffage par le Gaz, a été complètement transformée et augmentée par la Société des Forces motrices de la Vienne.

Elle comporte actuellement :

a) Un groupe électrogène de 750 ch constitué par un moteur Diesel du type à 2 temps, tournant à la vitesse de 150 t : mn et entraînant un alternateur de 620 kv-a calé sur son arbre;

b) Trois groupes électrogènes, comprenant chacun un moteur Diesel de 700 ch, du type à 4 temps, tournant à la vitesse de 214 t : mn et entraînant un alternateur de 600 kv-a, calé sur son arbre;

c) Un groupe électrogène comprenant un moteur Diesel de 260 ch et entraînant un alternateur de 240 kv-a. Toutes ces machines produisent des courants triphasés sous la tension de 8000 v entre phases; la tension est ensuite élevée à 15000 v dans un poste de transformation établi dans l'usine.

En annexe de l'usine a été érigé un poste de transformation recevant, sous la tension de 60 000 v, les courants provenant de L'Isle-Jourdain par une dérivation prise à Muron sur la ligne principale de L'Isle-Jourdain à Tonnay-Charente.

Usine de Saintes. — Cette usine est établie en face des ateliers des Chemins de fer de l'Etat à Saintes.

Elle possède actuellement deux groupes électrogènes de 500 ch comportant chacun un moteur Diesel vertical tournant à la vitesse de 250 t : mn et entraînant un alternateur volant de 450 kv-a. La place a été réservée pour l'installation d'un troisième groupe de 600 kv-a dont l'installation est en cours.

Usine de Tonnay-Charente. — Cette usine est établie à la Coudre, commune de Tonnay-Charente, à 2,5 km à l'est de Rochefort.

L'usine comporte, un groupe électrogène, comprenant un moteur Diesel vertical de 1 500 ch, du type à deux temps, tournant à la vitesse de 125 t : mn et entraînant un alternateur volant de 1 200 kv-a, calé sur son arbre. L'usine a été prévue pour pouvoir être augmentée et comporter quatre unités identiques de 1 200 kv-a.

A cette usine, est annexé un poste de transformation équipé avec trois transformateurs de 1 200 kv-a abaissant de 60 000 à 15 000 v la tension de l'énergie électrique reçue de l'usine de L'Isle-Jourdain.

Fig. 8. — Vue de la ligne à 60 000 v reliant L'Isle-Jourdain à Tonnay-Charente, prise en mars 1921.

Usine de Chardes. — Pour faire face aux demandes d'énergie du réseau pendant les périodes d'étiage prolongé, il est prévu dans l'usine de Chardes l'installation de deux groupes turbo - alternateurs, d'une puissance unitaire de 2 000 kv-a. L'alimentation en vapeur de ces deux groupes sera faite au moyen d'une chaufferie susceptible de produire 24 000 kg de vapeur à l'heure.

Le voisinage de la gare de L'Isle-Jourdain rendra très facile l'arrivée des combustibles et la constitution d'un parc à charbons, avec une main d'œuvre très réduite.

III. **Les lignes de transmission de la Société des Forces motrices de la Vienne.** — La station de Bonneuil-Matours est reliée par une ligne de transmission à 15 000 v à Chauvigny; par une seconde, à la Manufacture d'armes de Châtellerault, et un troisième feeder lui permet d'alimenter Poitiers.

Digitized by Google

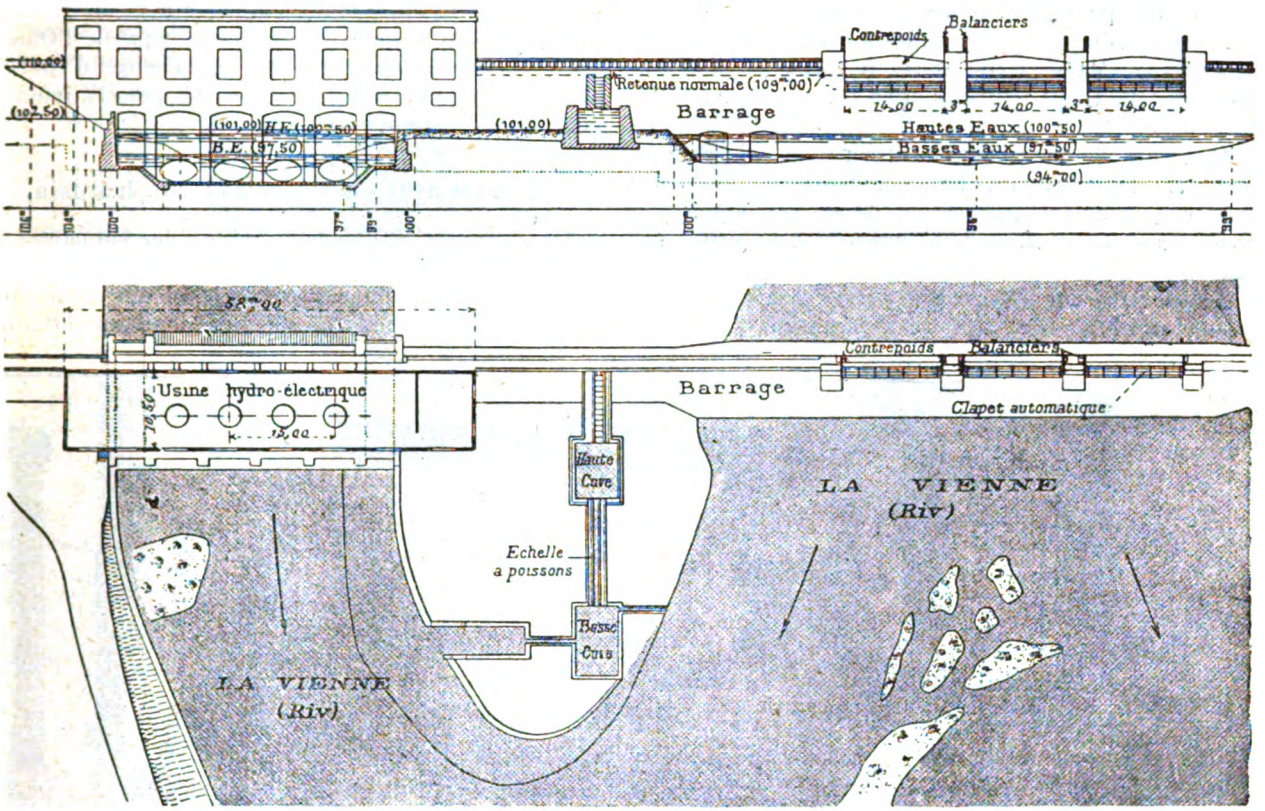


Fig. 9 et 10. — Elévation et plan de l'ensemble de l'usine et du barrage de L'Isle-Jourdain.

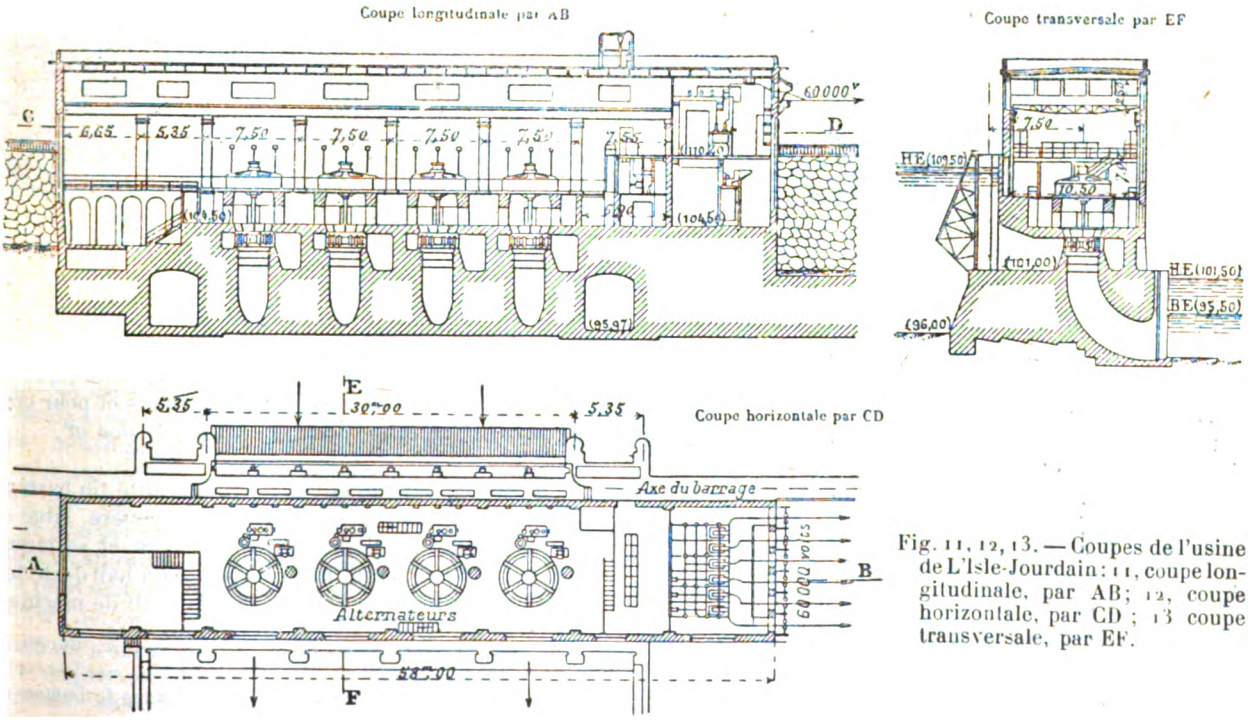


Fig. 11, 12, 13. — Coupes de l'usine de L'Isle-Jourdain : 11, coupe longitudinale, par AB ; 12, coupe horizontale, par CD ; 13 coupe transversale, par EF.

Digitized by Google

Les trois usines de la région de L'Isle-Jourdain ont été prévues pour pouvoir fonctionner en parallèle. De L'Isle-Jourdain part une canalisation à 60 000 v allant sur Civray, Melle, Gript, Surgères, Rochefort et La Rochelle. De Gript, par une ligne desservant Niort et la Vendée.

La figure 8 donne une vue des poteaux en ciment armé employés sur les lignes à 60000 v ; les conducteurs n'étaient pas encore posés sur les isolateurs au moment où la photographie a été prise, en mars 1921.

Ajoutons qu'une ligne relie Niort à Faymoreau où la Société des Mines de Faymoreau édifie, sur le carreau de ses houillères, une usine génératrice thermique ; en vertu d'accords entre la Société des Forces motrices de la Vienne et la Société l'Énergie électrique de l'Ouest, filiale de la société minière, un échange d'énergie pourra être fait entre les deux sociétés pour l'alimentation de leurs réseaux respectifs.

II. L'usine hydroélectrique de L'Isle-Jourdain.

Ainsi qu'il est dit plus haut, cette usine fait partie du groupe des trois usines prévues entre Availles et Chardes ; elle a été inaugurée officiellement en octobre 1921 (1). Elle est, de l'avis des ingénieurs spécialistes,

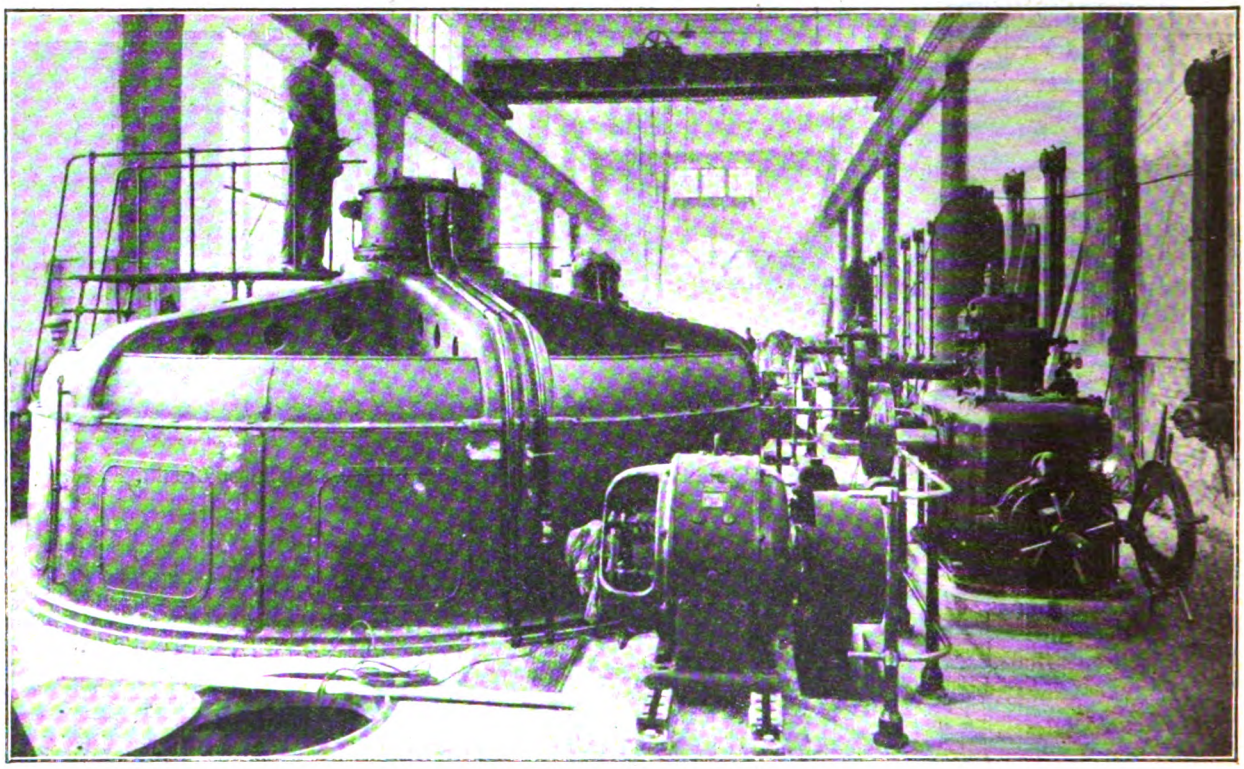


Fig. 14. — Salle des machines de l'usine de l'Isle-Jourdain.

un modèle-type pour l'utilisation de l'énergie des cours d'eau à pente relativement faible.

Barrage. — Le barrage est établi à 300 m en amont du pont de L'Isle-Jourdain, en un endroit où la Vienne forme deux bras séparés par une petite île (fig. 2, 3, 6, 9 et 10). Le barrage a été construit de manière à relever le plan d'eau à la cote 109, cote fixée pour la retenue normale. La chute utilisable ainsi réalisée oscille entre 11 m, en période de basses eaux, et 8,50 m, en période de hautes eaux.

La longueur du barrage proprement dit est de 150 m ; sa hauteur moyenne est de 14 m ; la largeur en couronne est de 2 m. La crête du barrage a été fixée à la cote 110.

Cet ouvrage a été exécuté en maçonnerie de moellons granitiques. Le cube de maçonnerie correspondant au barrage est de 1 000 m³. Les fouilles qui ont été nécessaires pour asseoir les ouvrages et pour creuser le canal de fuite correspondent à 32 000 m³.

Usine. — L'usine fait partie intégrante du barrage ; elle se trouve sur le petit bras de la rivière, situé sur la rive droite. Sa longueur est de 58 m et sa largeur intérieure de 10,50 m. Elle comprend un hall de déchargement et de montage à l'entrée, un hall de machines,

(1) Une description succincte de cette usine a été donnée dans la *Revue générale de l'Électricité* du 3 février 1921, t. IX, p. 192 ; son inauguration a été signalée dans le numéro du 29 octobre 1921, t. X, p. 585.

Digitized by Google

un tableau de distribution à l'extrémité avec poste de transformation.

L'usine comporte actuellement trois groupes générateurs; un quatrième groupe identique devant servir de réserve est en cours de montage.

Tous les travaux d'installation de ce groupe ont été faits en même temps que l'ensemble de l'usine.

Chaque groupe générateur comprend une turbine hydraulique Francis à axe vertical, tournant à la vitesse angulaire de 167 t: mn et actionnant un alternateur à axe vertical directement accouplé à la turbine.

La turbine est installée dans une chambre d'eau de forme spirale construite en béton ; la section de cette chambre d'eau diminue progressivement à mesure que l'eau entre dans la turbine.

L'eau arrive sur tout le pourtour de la turbine, passe à travers un distributeur à ailettes mobiles et arrive sur la roue ; elle est ensuite évacuée parallèlement à l'axe de la turbine par un tube d'aspiration en béton, de diamètre progressivement croissant, débouchant dans le canal de fuite. L'intérêt de ce tube d'aspiration réside, comme on sait, en ce qu'il permet d'installer le distributeur au-dessus du niveau de l'eau dans le bief aval, ce qui augmente beaucoup les facilités d'entretien en rendant accessibles tous les organes de la machine.

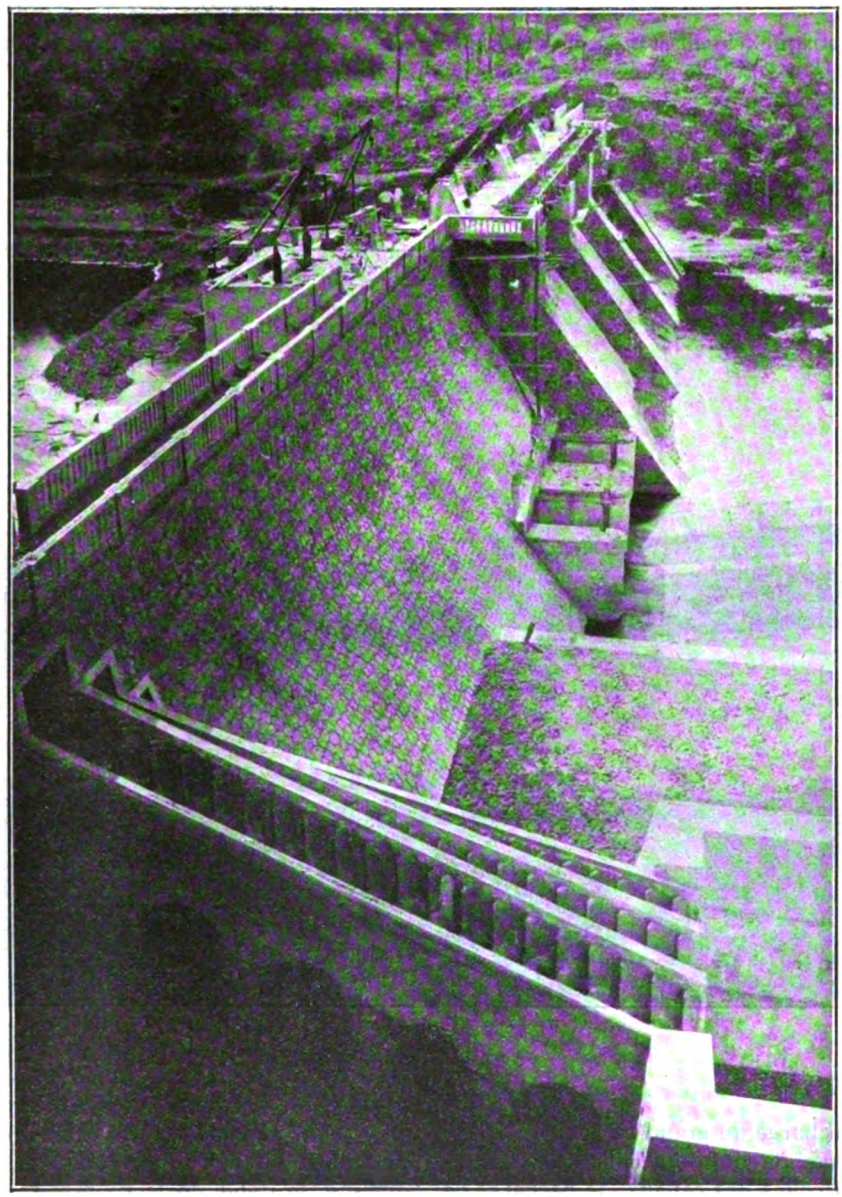


Fig. 15. — Vue du barrage, prise de l'aval en avril 1921, montrant les échelles à poissons, les orifices de deux canaux de décharge et les déversoirs des trois vannes automatiques.

Chaque chambre d'eau peut être isolée du bief amont au moyen de deux vannes de garde de chacune 4 m × 2,50 m, manœuvrées de l'intérieur de l'usine au moyen de treuils. Des panneaux de grilles (fig. 7), disposés à l'amont des vannes, empêchent les corps flottants de pénétrer dans les chambres d'eau.

Chaque turbine est susceptible de développer une puissance normale de 2 400 ch, sous une chute de 11 m en absorbant 20 m³ d'eau par seconde. Un régulateur à servo-moteur à huile proportionne l'arrivée d'eau dans la roue mobile à la charge de la machine; à cet effet, le régulateur règle l'inclinaison des ailettes mobiles du distributeur et, ce faisant, étrangle plus ou moins le passage que l'eau trouve entre ces ailettes.

L'alternateur est directement monté au-dessus de la turbine ; la partie fixe de l'alternateur (fig. 14) supporte le pivot et ainsi toute la partie tournante du groupe; ce pivot, à bain d'huile, est facilement accessible; il est refroidi par une circulation d'eau. L'alternateur fournit des courants triphasés, à la tension de 5 000 v et à la fréquence de 50 p : s.

Le poste de transformation et de distribution fait suite à l'usine. Il comporte quatre transf

Digitized by Google

nophasés (dont un de réserve) permettant d'élever de 5 000 v à 60 000 v la tension du courant produit. La puissance de chacun de ces transformateurs est de 2 000 kv-a. Les transformateurs sont du type à bain d'huile et à refroidissement par circulation d'eau.

L'appareillage électrique à 5 000 et à 60 000 v est installé dans des cellules en béton armé disposées dans le poste. Les organes de manœuvre des différents appareils, ainsi que les appareils de mesure et de contrôle, sont groupés sur un tableau pupitre placé sur une plate-forme dominant la salle des machines.

Organes d'évacuation des crues. — Pour évacuer les eaux non utilisables par les turbines, les ouvrages régulateurs suivants ont été installés : *a*) deux canaux de décharge sur le bief d'alimentation de l'usine (fig. 3 et fig. 7, de part et d'autre de la grille) ; *b*) deux canaux de décharge sur le grand bras de la rivière (fig. 15, au milieu de la figure, en bas du barrage) ; *c*) trois vannes automatiques (fig. 16).

Les canaux de décharge du bief d'alimentation de l'usine ont été ménagés dans le massif de béton formant l'infrastructure de l'usine. Ils sont obturés, du côté amont, par des vannes Stoney.

Fig. 16. — Vue des vannes automatiques.

Les canaux de décharge du grand bras ont été établis au pied du barrage. Ils sont obturés par des vannes Stoney identiques à celles des canaux de décharge de l'usine.

Ces quatre canaux de décharge ont chacun une section de 17 m². En période de hautes eaux, ils permettront l'écoulement d'un débit de 600 m³ : s. Ils présenteront, en outre, l'avantage de produire des chasses d'eau énergiques et de lutter efficacement contre l'ensablement progressif du réservoir constitué en amont du barrage.

Les vannes automatiques basculantes sont établies en crête du barrage : elles sont au nombre de trois, mesurant chacune 14 m de largeur avec 2,10 m de hauteur libre.

Ces vannes maintiennent automatiquement à la cote 109 le niveau du plan d'eau amont, avec une marge de réglage qui n'est que de quelques centimètres, quel que soit le débit de la rivière : de cette disposition résulte une grande facilité pour l'écoulement des crues sans l'intervention de la main-d'œuvre qu'exigeraient des vannes mues à la main et dont la levée devrait être constamment proportionnée au débit de la rivière.

Ces vannes sont équilibrées par des contrepoids en béton armé : lorsque le plan d'eau amont tend à s'élever, la vanne s'incline en tournant autour de son arête inférieure, et donne écoulement à une quantité d'eau telle que le niveau amont soit maintenu constant.

Les trois vannes automatiques complètement abaissées peuvent assurer l'évacuation d'une crue correspondant à un débit de 330 m³ : s. La levée simultanée

Digitized by Google

des vannes de décharge permettra l'évacuation de crues d'un débit pouvant atteindre 1 000 m³: s.

Echelle à poissons. — Pour ménager les intérêts de la pêche, il a été construit une échelle à poissons établie dans la partie centrale du barrage, à la pointe de l'île qui séparait les deux bras de la rivière. Cette échelle est divisée en trois sections par deux bassins ou cuves (fig. 9 et 10). Une première échelle en ciment armé, relie la basse cuve à la partie aval de la rivière; une seconde échelle met en communication les deux cuves; la haute cuve est reliée à la partie de la rivière par trois échelles, également en ciment armé, visibles au premier plan de la figure 15; les extrémités supérieures de ces échelles se trouvent à des niveaux différents et, suivant la cote de la retenue d'eau, c'est l'une ou l'autre de ces échelles qui est utilisée.

Exécution des travaux. — Les travaux d'installation, commencés durant la guerre (1917), n'ont vraiment été poussés qu'après l'armistice; en réalité, leur exécution complète n'a guère duré que deux ans; on se rendra compte d'ailleurs par les dates où ont été prises les photographies qui sont reproduites dans cet article que, pendant l'année 1920 et le début de l'année 1921, la marche des travaux a été très rapide.

Les entrepreneurs, MM. G. et J. Hersent, ont tout d'abord fermé le petit bras par un batardeau, les eaux s'écoulant alors par le grand bras. Profitant des basses eaux de 1919, on a établi un batardeau auxiliaire dans le grand bras, afin de construire les canaux de décharge de ce dernier.

En juin 1920, le barrage du petit bras ayant été terminé, on a utilisé les canaux de décharge pour l'écoulement des eaux et l'on a procédé à la pose d'un batardeau sur le grand bras afin de commencer l'édification de cette partie de l'ouvrage. Une petite chute d'eau, d'une puissance de 60 ch, installée de longue date, a rendu de grands services dans l'exécution de ces travaux.

J. Reyval.

Revues, analyses et informations

Détermination de l'élévation de température des moteurs sous charges de courte durée (1).

Dans l'application des moteurs électriques aux grues, ponts roulants, appareils de levage, moteurs de traction, il arrive souvent qu'après que le moteur a pris une certaine élévation de température, la charge se modifie pour une période de temps définie et il est désirable de prédéterminer l'augmentation de température atteinte à la fin de cette période.

Le calcul de l'élévation de température est plutôt un procédé inexact; mais l'auteur pense que la méthode indiquée dans cet article conduira à des résultats meilleurs que tous ceux connus jusqu'ici.

1. Discussion des équations donnant l'élévation de température. — La quantité de chaleur engendrée dans un moteur est proportionnelle au total des pertes L dans ce moteur. Cette chaleur est, soit absorbée par la masse du moteur soit dissipée par ventilation et radiation de la surface.

Si L_a représente les pertes qui sont absorbées par la masse du moteur, l'augmentation de température $d\Theta$ dans le temps dt est

$$\frac{d\Theta}{dt} = \frac{L_a}{M} \qquad (1)$$

où M est une constante, qui dépend du moteur et de sa capacité calorifique.

Les pertes par ventilation L_v sont fonction de l'importance et du mode de ventilation ainsi que de la différence de température Θ entre les pièces du moteur et l'air ambiant, c'est-à-dire l'augmentation de température constatée.

Avec la ventilation forcée, le taux de ventilation reste constant dans toutes les conditions; il en est de même pour la ventilation naturelle; dans la plupart des cas, il peut être considéré comme virtuellement constant pendant la période de charge spéciale en cause.

En conséquence, nous pouvons écrire approximativement

$$L_v = K\Theta, \qquad (2)$$

où Θ est l'augmentation de température existante et K, une constante correspondant au mode et au taux de ventilation.

Il est évident maintenant que les pertes L_a, doivent être la différence entre les pertes totales L et les pertes L_v absorbées par la ventilation. Ainsi nous avons

$$L_a = L - L_v = L - K\Theta. \qquad (3)$$

En reportant dans l'équation (1) et en intégrant, nous obtenons, après avoir déterminé la constante d'intégration de telle manière que, pour $t = 0$, on ait $\Theta = \Theta_0$,

$$\Theta = \frac{L}{K} + \left(\Theta_0 - \frac{K_1}{K}\right) e^{-\frac{Kt}{M}}. \qquad (4)$$

Nous avons ainsi une formule qui nous permet de déterminer la température Θ à un instant quelconque de la période de charge spéciale, donnant les pertes moyennes L.

Il reste maintenant à déduire les valeurs L, K et M d'après les résultats pratiques. Les pertes L peuvent être données par une courbe : celle des pertes totales en fonction du couple ou de la puissance en chevaux. Si on ne possède pas cette courbe, on pourra la déduire facilement de la courbe de rendement.

Le coefficient de ventilation K se calcule d'après un essai de charge continue pour lequel l'élévation de température

(1) R.-E. Hellmund. *Electrical World*, 26 mars 1921, t. LXXVII, p. 707-709, 1 fig.

Digitized by Google

maximum Θ_0 et les pertes totales sont connues. Avec les moteurs ayant une ventilation forcée, l'essai habituel en charge continue peut être utilisé dans ce but. Pour les moteurs à ventilation naturelle, l'essai doit être effectué à la vitesse moyenne de la période de charge spéciale. En général, il sera mieux de faire des essais en charge continue pour plusieurs vitesses et de tracer une courbe des valeurs de K en fonction de la vitesse, par la formule

$$K = \frac{L_c}{\Theta_c}, \qquad (5)$$

où L_c représente les pertes pendant l'essai continu et Θ_c, le maximum d'élévation de température pendant l'essai continu.

La constante massique M doit être déterminée d'après un essai de courte durée.

En général, on prolongera l'essai pendant une heure bien qu'un essai plus court donnerait des résultats plus exacts, particulièrement pour les petits moteurs.

Si le maximum de température, à la fin d'un essai de courte durée, de t_s minutes, est Θ_s, et si K_s est la valeur de K correspondant à la vitesse employée pendant l'essai, nous trouvons, d'après la formule (4)

$$\Theta_s = \frac{L_s}{K_s} + \left(\Theta_0 - \frac{L_s}{K_s}\right) e^{-\frac{K_s t_s}{M}}, \qquad (6)$$

où L_s représente les pertes pendant l'essai de courte durée. Habituellement de tels essais se font avec un moteur froid, de sorte que $\Theta_0 = 0$; ce qui donne

$$M = K_s t_s \frac{\log e}{\log\left(\frac{\Theta_s K_s}{L_s} - 1\right)}. \qquad (7)$$

Etant donné l'incertitude des essais de température, il convient de les multiplier pour avoir une bonne valeur moyenne de K et M.

Dans certains cas où l'élévation de température d'une partie du moteur excède considérablement celle des autres parties, il serait bon d'effectuer le calcul pour cette partie séparément et d'en évaluer les pertes et l'élévation de température.

II. — Application de la méthode a un cas concret. — On trouvera dans le tableau I les résultats d'un essai réalisé sur un moteur assurant lui-même sa ventilation. Les colonnes 4 et 5 donnent les pertes $I^2 R$ calculées et les pertes dans les noyaux mesurées, tandis que la colonne 6 contient les pertes électriques totales, L_c étant la somme des valeurs des colonnes 4 et 5. La colonne 7 indique les températures maxima atteintes, mesurées au thermomètre.

La dernière colonne donne les valeurs de la constante de ventilation, tirées de l'équation $C = \Theta - \frac{L}{K}$. On pourra construire une courbe en prenant les valeurs de K comme ordonnées et les vitesses correspondantes comme abscisses.

Supposons maintenant qu'un moteur de grue tourne la journée entière sous une charge qui lui fait prendre une température de 45° jusqu'au commencement d'une période de surcharge d'une durée de quarante-cinq minutes.

Les pertes moyennes du moteur pendant ce temps sont de 5 000 w avec une vitesse moyenne de 500 t : mn. De la courbe, supposée tracée, on tire $K = 22{,}8$. Nous savons, de

Tableau I. — *Marche continue pour détermination de la constante K.*

1	2	3	4	5	6	7	8
Vitesse en t : mn	Tension en volts	Intensité en ampères	I^2R pertes en watts	Pertes dans les noyaux en watts	Pertes électriques totales L_c 4 + 5 en kilowatts	Élévation maximum (Θ) en degrés C.	$L : \Theta = K$.
628	450	53,1	1 350	5 0	1 850	68,5	26,5
629	450	53	1 315	500	1 815	70,5	25,7
842	600	55,5	1 445	900	2 345	83,5	28,1
413	300	54,8	1 410	275	1 685	84,5	20,0
400	300	55	1 420	275	1 695	79,0	21,5
420	300	51	1 2 0	260	1 480	69,0	21,5
648	450	52	1 265	510	1 770	71,5	24,8
637	450	50,7	1 205	490	1 695	72,5	23,4
402	300	55	1 420	275	1 695	76,5	20,8
841	600	55	1 420	900	2 320	76,0	31,8

plus, que $L = 5\,000$ w; $\Theta_0 = 45°$, $M = 3\,500$, $t = 45$ mn.

En portant ces valeurs dans la formule (4), on trouve

$$\Theta = \frac{5\,000}{22{,}8} + \left(45 - \frac{5\,000}{22{,}8}\right) e^{\frac{-(22.8)\,45}{3\,500}}.$$

On a

$$e^{\frac{-(22.8)\,45}{3\,500}} = e^{-0{,}293}.$$

D'une table contenant les valeurs numériques des puissances de e^n, on tire

$$e^{0{,}293} = 1{,}341 \quad \text{et on en déduit } e^{-0{,}293} = \frac{1}{1{,}341} = 0{,}745.$$

Nous avons ainsi

$$\Theta = 219{,}5 + (45 - 219{,}5)\,0{,}745,$$
$$\Theta = 219{,}5 - 130 = 89{,}5°\text{C}.$$

Supposons maintenant que le même moteur continue à tourner pendant deux heures avec des pertes de 1 000 w et une vitesse moyenne de 600 t : mn. Nous trouvons $K = 25$. Nous avons, de plus, $L = 1\,000$ w, $\Theta_0 = 89°.5$, $M = 3\,500$, $t = 120$ mn. En introduisant ces valeurs dans la formule (4), nous obtenons

$$\Theta = \frac{1\,000}{25} + \left(89{,}5 - \frac{1\,000}{25}\right) e^{\frac{-(25)\,120}{3\,500}}$$

ou

$$\Theta = 40 + 49{,}5\,e^{-0{,}857} = 40 + 49{,}5 \times \frac{1}{2{,}36},$$
$$\Theta = 40 + 21 = 61°\text{C}.$$

Etant donné que la constante de ventilation K s'exprime par une fonction linéaire de la vitesse, il suffit de prendre K correspondant à la vitesse moyenne.

Mais, si la courbe s'écarte sensiblement de la ligne droite, on prendra plusieurs vitesses pendant la période en question, on calculera les valeurs correspondantes de K et c'est

Digitized by Google

alors la moyenne de toutes ces valeurs qui représentera la valeur de K qu'il faut porter dans les formules précédentes. Cette remarque, appliquée au cas numérique ci-dessus, a bien fourni la même valeur de K que celle qui est déduite de la courbe.

Remarque. — Si la courbe exprimant K en fonction de la vitesse est approximativement une ligne droite, on peut écrire

$$K = aR_m + b,$$

ce qui rend inutile le tracé de la droite. D'après l'essai rapporté dans le tableau ci-dessus, pour $R_m = 400$ t : mn, on a $K = 20{,}7$ et pour $R_m = 850$ t : mn, on a $K = 30{,}3$; nous trouvons alors la valeur numérique de a par l'équation

$$a = \frac{K_2 - K_1}{R_2 - R_1} = \frac{30{,}4 - 20{,}7}{850 - 400} = \frac{9{,}7}{450} = 0{,}0216$$

et celle de b, par l'équation

$$b = K_1 - aR_1 = 20{,}7 - 0{,}0216 \times 400 = 12,$$

d'où l'équation

$$K = aR_m + b = 0{,}0216\ R_m + 12,$$

donnant la valeur de K pour chaque vitesse R_m. — B. C.

Bobines de résonance pour télégraphie sans fil (1).

L'auteur établit un diagramme circulaire représentant le fonctionnement du système formé par un alternateur débitant sur le primaire d'un transformateur dont le circuit secondaire renferme une capacité. Ce diagramme a l'avantage de ne faire intervenir que des grandeurs directement mesurables.

On désigne par :

E_1, la force électromotrice agissant sur le circuit primaire; I_1, l'intensité du courant primaire; R_1, la résistance de l'ensemble du circuit primaire; R_2, la résistance de l'ensemble du circuit secondaire; L_1, le coefficient de self-induction de l'ensemble du primaire; L_2, le coefficient de self-induction de l'ensemble du secondaire; M, le coefficient d'induction mutuelle; C, la capacité dans le secondaire; $\omega = 2\pi F$, la pulsation.

On part des équations fondamentales

$$\left.\begin{aligned} E_1 + I_1R_1 + i\omega L_1I_1 + i\omega MI_2 &= 0,\\ E_2 + I_2R_2 + i\omega L_2I_2 + i\omega MI_1 &= 0,\\ I_2 &= i\omega CE_2, \end{aligned}\right\} \quad (1)$$

desquelles on tire la relation suivante

$$\frac{E_1}{I_1} + \left\{ (R_1 + i\omega L_1) + \left[\frac{\omega^4M^2C^2R_2}{(1 - \omega^2CL_2)^2 + \omega^2C^2R_2^2} + \dots \right.\right.$$
$$\left.\left. \dots + i\,\frac{\omega^3CM^2(1 - \omega^2CL_2)}{(1 - \omega^2CL_2)^2 + \omega^2C^2R_2^2} \right] \right\} = 0. \quad (2)$$

L'expression entre parenthèses est une résistance apparente, nous la désignrons par R.

(1) H. Hoffmann et G. Messtorff. *Elektrotechnik und Maschinenbau*, 9 avril 1922, t. XL, p. 169-174, 5 800 mots, 1 fig.

Portant les grandeurs réelles suivant l'axe des x, les imaginaires suivant l'axe des y, on pose

$$\left.\begin{aligned} x_1 &= R_1,\\ y_1 &= \omega L_1, \end{aligned}\right\} \quad 3)$$

$$\left.\begin{aligned} x_2 &= \frac{\omega^4M^2C^2R_2}{(1 - \omega^2CL_2)^2 + \omega^2C^2R_2^2}\\ y_2 &= \frac{\omega^3M^2C(1 - \omega^2CL_2)}{(1 - \omega^2CL_2)^2 + \omega^2C^2R_2^2}. \end{aligned}\right\} \quad (4)$$

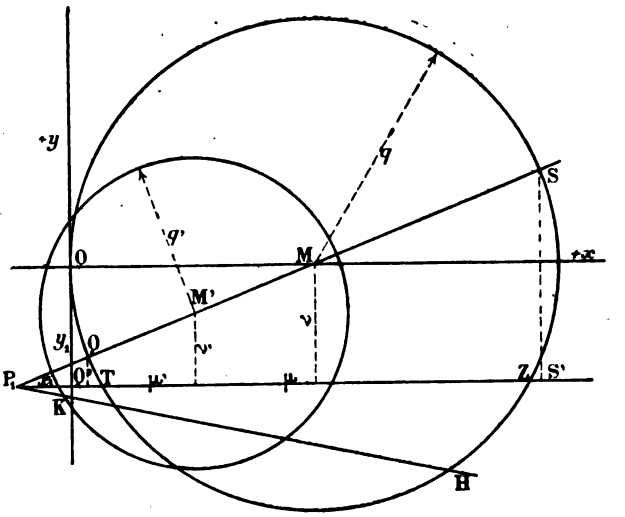


Fig. 1. — Diagramme circulaire d'un transformateur alimenté par un alternateur et débitant sur une capacité.

En éliminant C entre les équations (4), on obtient

$$x_2^2 + y_2^2 = \frac{\omega^2M^2}{R_2}\,x_2, \quad (5)$$

qui est l'équation d'un cercle tangent à l'axe des y et dont le centre se trouve sur l'axe des x; son rayon est

$$q = \frac{\omega^2M^2}{2R_2}. \quad (6)$$

Portant, à partir de l'origine, les grandeurs x_1 et y_1 relatives au circuit primaire, on obtient le pôle P_1. Un segment de droite joignant le pôle à un point du cercle représente la résistance apparente de l'ensemble sur lequel agit la force électromotrice E_1 de la machine.

La force électromotrice divisée par la résistance apparente donne le courant primaire en grandeur et direction. On voit qu'aux points T et Z la différence de phase est nulle et que, au point Q, la résistance présente un minimum et le courant un maximum, alors que c'est le contraire qui se produit pour le point S.

La capacité correspondant à un point du cercle de coordonnées x et y est donnée par

$$C = \frac{1}{\omega\left(\omega L_2 + \frac{y}{x}R_2\right)}. \quad (7)$$

Digitized by Google

L'établissement pratique du diagramme se conduit de la façon suivante :

On relève la caractéristique en court-circuit et des pertes à vide de la machine employée. De la relation

$$\frac{E}{I_c} = \omega L_m. \qquad (8)$$

on tire le coefficient de self-induction. On mesure la résistance ohmique avec le pont.

On détermine ensuite les constantes de la bobine de self-induction par la mesure de la différence de potentiel et de la puissance pour différentes valeurs du courant. La résistance ohmique équivalente, qui tient compte des pertes dans le fer, est donnée par la relation

$$\frac{A}{I^2} = R_b, \qquad (9)$$

et la réactance ωL_b, par

$$\omega L_b = R_b \operatorname{tg} \varphi. \qquad (10)$$

l'angle φ étant lui-même donné par

$$\cos \varphi = \frac{A}{IE}. \qquad (11)$$

Avec l'enroulement primaire du transformateur, on procède comme avec la bobine de self-induction, le circuit secondaire étant ouvert. Les constantes du circuit primaire sont alors

$$\left.\begin{aligned} R_1 &= R_m + R_b + R_t, \\ \omega L_1 &= \omega L_m + \omega L_b + \omega L_t \end{aligned}\right\} \qquad (12)$$

Faisant varier la capacité du condensateur, on détermine les deux valeurs C_S et C_Q pour lesquelles le courant primaire présente un minimum I_S, et un maximum I_Q.

Le rayon du cercle peut alors se calculer par la formule

$$q = \frac{R_1}{e^2 - 1} + \frac{1}{e^2 - 1}\sqrt{R_1^2 e^2 + \omega^2 L_1^2 (e^2 - 1)}. \qquad (13)$$

dans laquelle

$$e = \frac{K + 1}{K - 1}. \qquad (14)$$

avec

$$K = \frac{I_Q}{I_S} = \frac{R_S}{R_Q} = \frac{P_1 S}{P_1 Q}. \qquad (15)$$

Le cercle peut ainsi être tracé.

Donnons, en passant, l'expression de quelques grandeurs importantes relatives au circuit secondaire : le coefficient de self-induction en henrys est :

$$L_2 = \frac{9.10^{11}}{\omega^2 C_S}; \qquad (16)$$

la résistance équivalente, en ohms,

$$R_2 = \frac{\sqrt{(q + R_1)^2 + \omega^2 L_1^2} - (q + R_1)}{\omega^2 L_1}\left[\frac{9.10^{11}}{C_S} - \frac{9.10^{11}}{C_Q}\right]; \qquad (17)$$

et le coefficient d'induction mutuelle

$$M = \frac{1}{\omega}\sqrt{2qR_2}. \qquad (18)$$

Ces grandeurs sont données en fonction des mesures faites et décrites plus haut. Pour une valeur quelconque de la capacité, on peut maintenant calculer graphiquement ou analytiquement la résistance apparente correspondante. Si C_g est la capacité donnée, l'abscisse x_g du point correspondant du cercle principal est, en effet, donnée par

$$x_g = \frac{2qR_2^2}{R_2^2 + \left(\frac{1}{\omega C_g} - \omega L_2\right)^2}. \qquad (19)$$

On peut aller plus loin et tracer un second cercle tel que le courant primaire soit donné par une simple mesure sur le diagramme. Ce nouveau cercle est l'inverse du cercle principal par rapport au pôle P_1 ; mais le diagramme représentant maintenant à la fois des courants et des résistances, il faut tenir compte des échelles adoptées dans la suite des calculs. Supposons donc que, sur notre dessin, 1 cm représente m ohms. Soient μ et ν les coordonnées du centre du cercle principal en centimètres par rapport à P_1 et r, le rayon de ce cercle ; soient μ', ν' et r' les grandeurs correspondantes relatives au cercle inverse ; soient enfin J le rapport d'inversion et n le nombre d'ampères représentés par 1 cm sur le dessin. On choisit J de façon que le cercle inverse soit de dimension convenable et n est alors donné par la formule

$$J = \frac{E_1}{mn}. \qquad (20)$$

tandis que les coordonnées du centre et le rayon du cercle inverse sont donnés par

$$\mu' = J\frac{\mu}{\mu^2 + \nu^2 - r^2} = Jm\frac{R_1}{R_S(R_S - 2q)}. \qquad (21)$$

$$\nu' = J\frac{\nu}{\mu^2 + \nu^2 - r^2} = Jm\frac{\omega L_1}{R_S(R_S - 2q)}. \qquad (22)$$

$$r' = J\frac{r}{\mu^2 + \nu^2 - r^2} = Jm\frac{q}{R_S(R_S - 2q)}. \qquad (23)$$

Chaque droite coupe, en général, chacun des cercles en deux points. Aux points du cercle principal les plus éloignés de P_1 correspondent sur le cercle inverse les points les plus rapprochés et réciproquement.

Si on veut trouver la capacité correspondant à un courant primaire donné, on joint le pôle P_1 au point figuratif du cercle inverse ; on prolonge la droite obtenue jusqu'à sa rencontre avec le cercle principal ; on mesure les coordonnées de ce point de rencontre et, à l'aide de la formule (7), on calcule la capacité cherchée.

L'auteur termine son article en donnant un exemple numérique détaillé comme illustration des développements qui précèdent. — M. F.

Digitized by Google

SECTION ÉCONOMIQUE & FINANCIÈRE

Assemblées générales

Union d'Électricité.

ASSEMBLÉE GÉNÉRALE ORDINAIRE DU 24 JUIN 1922.

L'exercice 1921, présentait pour la société une importance exceptionnelle, car il devait marquer l'étape décisive vers la réalisation matérielle de son programme de travaux.

Les résultats obtenus jusqu'à ce jour s'affirment pleinement satisfaisants. La construction de la grande centrale de Gennevilliers s'est poursuivie, en effet, avec une extrême activité, d'ailleurs favorisée par des conditions de temps exceptionnelles.

En fait, une unité de 40000 kw, avec ses appareils auxiliaires, était montée à la fin du mois de décembre ; la deuxième unité a suivi la première à quelques semaines d'intervalle: la troisième a été prête en mai 1922; elle a d'ailleurs bénéficié, comme les suivantes, des améliorations de détail que les essais ont permis d'apporter à la première: Les quatrième et cinquième unités vont être prêtes, à leur tour, aux dates contractuelles.

Les travaux de la chaufferie ont suivi une progression parallèle, ainsi que ceux des tableaux et des services divers.

Les essais des premières unités, commencés dans les premiers jours de février, ont été pratiquement terminés en mai, c'est-à-dire dans des délais remarquablement réduits.

Durant l'exercice, les conditions financières du programme ont subi des changements importants. Au moment des commandes, c'est à-dire au début de l'année 1920, le prix de toutes choses augmentait dans des proportions impressionnantes, et cette situation pouvait exercer une influence profonde sur le prix de revient des installations. Mais les formules de détermination des prix d'application tenaient compte de l'époque effective de la constitution des approvisionnements par les fournisseurs, et elles ont pu heureusement jouer dans le sens d'une atténuation sensible, la baisse s'étant dessinée dans l'intervalle. Le loyer de l'argent s'est aussi élevé, mais les ressources de trésorerie avaient été largement assurées par l'emprunt avantageux de 80 millions du début de 1920, et la société a pu différer jusqu'au commencement de cette année 1922 l'émission, plus coûteuse mais d'importance réduite, de 40 millions, qui assurera les paiements essentiels de cet exercice.

La société a exécuté les travaux suivants pendant l'année 1921 :

Construction et mise en service de la ligne de Creil, à 60000 v, y compris ses postes de transformation; cette ligne fonctionne d'une manière satisfaisante;

Construction des principales sous-stations, notamment de celles de l'Ouest-Lumière et du Triphasé;

Construction de la première partie du réseau de câbles souterrains.

Au cours de 1922, se poursuivra le rattachement successif des divers secteurs à l'usine de Gennevilliers, au fur et à mesure de l'accroissement des puissances disponibles dans cette dernière usine.

La société compte que l'ensemble de ces travaux sera presque complètement terminé à la fin de la présente année.

En ce qui concerne l'exploitation de la société pendant l'année 1921, son activité a été limitée, de même que l'an dernier, aux exploitations dépendant de ses seules usines anciennes. Elle a, en effet, maintenu à la disposition des secteurs le Triphasé, l'Ouest-Lumière et l'Est-Lumière la jouissance de leurs usines aux conditions convenues, c'est-à-dire sans charges et sans bénéfices pour la société, la reprise devant s'effectuer au fur et à mesure de leur raccordement avec Gennevilliers.

La société a été relativement peu atteinte par la crise industrielle générale dont souffre le pays, moins cependant que les pays voisins. Si, en effet, la clientèle industrielle a marqué un certain fléchissement, les transports en commun, par contre, ont largement maintenu leur demande. En définitive, il faut enregistrer une diminution inférieure à 10 pour 100 de la production antérieure ; le Conseil indique que la demande d'énergie s'est nettement relevée pendant les premiers mois de l'année 1922.

Il y a eu une augmentation notable des dépenses de main-d'œuvre. En solidarité avec les secteurs et sous l'intervention pressante, mais bienveillante, de l'administration, la société a été conduite à accorder au personnel ouvrier un statut nouveau, comportant le paiement du repos hebdomadaire, un congé annuel payé de trois semaines, des allocations pour maladies et accidents, un sursalaire familial, des assurances et des retraites. Il en résulte pour notre entreprise des charges importantes, mais qui trouvent certaines compensations dans le jeu des accords avec les secteurs; néanmoins, certains des contrats en vigueur n'ont pas permis d'opérer en 1921 les ajustements désirables, et l'exploitation a dû en supporter cette année le contre-coup.

Le perfectionnement du matériel et des méthodes, l'achèvement des travaux de réorganisation de l'usine de Vitry ont amené une réduction très appréciable de la consommation de combustible et des dépenses d'exploitation.

La société a complété, avec la totalité de ses clients, la revision et le remaniement de ses contrats commerciaux.

Elle a signé un nouveau et intéressant contrat avec la Compagnie des Chemins de fer P. L.-M.

Elle a poursuivi, avec la Compagnie des Chemins de fer d'Orléans, l'exécution de ses conventions. L'usine d'Eguzon, de l'Union hydroélectrique, est en construction; on compte qu'elle entrera en service au début de l'année 1925. Les lignes de transmission d'énergie entre Paris et Eguzon ont été récemment adjugées par la Compagnie d'Orléans, et la société pourra vraisemblablement utiliser une partie de ces lignes dès la fin de l'année 1923, pour alimenter certains clients intéressants entre Paris et Orléans. Tout récemment, elle a participé avec cette compagnie à la constitution d'une nouvelle société d'études en vue de l'examen de l'utilisation éventuelle des ressources hydrauliques du Plateau Central, et notamment de la Dordogne.

La société suit, d'une manière générale, avec une attention toute particulière la question des diverses grandes transmissions d'énergie hydraulique vers Paris, persuadée qu'il pourra être précieux pour ses distributions de rencontrer, dans un délai de quelques années, de nouvelles et considérables ressources d'énergie, tant lui paraissent importantes les perspectives ouvertes au développement de l'électricité dans la région exceptionnelle qu'elle alimente.

Au compte « Profits et pertes » le chapitre « Intérêts et produits divers » a été crédité de l'intérêt, à un taux modéré de 3,5 pour 100, afférent aux capitaux improductifs investis

Digitized by Google

jusqu'au 31 décembre 1921 pour l'installation de l'usine de Gennevilliers et du nouveau réseau, cet intérêt ayant été ajouté, conformément à l'article 42 des statuts, aux dépenses de premier établissement pour un montant égal de 3 280 513,77 fr; les installations du programme supportent ainsi, dans la période improductive, la part qui leur revient dans les charges sociales.

Les produits de l'exercice 1921 ont permis de prélever avant inventaire, une somme de 700 346,09 fr pour dépréciation de divers postes de l'actif.

D'autre part, il a été affecté une nouvelle somme de 500 000 fr à accroître la dotation du poste « Provision pour grosses réparations, fonds de renouvellement et accidents ».

L'assemblée générale décide que le bénéfice de l'exercice 1921 s'élevant, non compris le report de l'exercice 1920, à 8 795 918,61 fr sera employé comme suit :

1° Au deuxième amortissement des frais de constitution et d'augmentation du capital, 1/9 de 4 777 123,24 fr, soit 530 791,47 fr;

2° A la réserve d'amortissement des usines de Vitry, Billancourt, Nanterre, Les Moulineaux et leurs réseaux, 1 500 000 fr.

Sur le bénéfice net de 6 765 127,14 fr, il sera prélevé :

5 pour 100 pour la réserve légale et un premier dividende de 5 pour 100 aux actions autres que celles des secteurs ayant conservé la jouissance de leurs usines, soit, pour un capital de 96 000 000 fr, 4 800 000 fr.

Sur le solde disponible de 1 626 870,79 fr, il sera alloué :

10 pour 100 au Conseil d'administration et un dividende supplémentaire de 1 pour 100 au capital de 96 000 000 fr.

L'excédent, soit 504 183,79 fr, augmenté du report de 1920 539 948,97 fr, formera un report à nouveau de 1 044 132,76 fr.

Le dividende total de 6 pour 100, ou 15 fr brut par action, est mis en paiement à partir du 1er juillet 1922, sous déduction des impôts aux taux nets de :

13,50 fr sur présentation des certificats nominatifs;

12,44 fr contre remise du coupon n° 4 des actions au porteur.

Bilan au 31 décembre 1922.

Actif.

	fr
Frais de constitution et d'augmentation de capital	4 777 123,24
Mobilier	1 »
Dépenses de premier établissement :	
A) Usines apportées par les secteurs	33 806 653,76
B) Usines de Vitry, Billancourt, Nanterre, Les Moulineaux et réseaux de distribution	42 592 113,18
C) Installations complémentaires dans les usines en 1920 et 1921	22 925 954,09
D) Usine de Gennevilliers et nouveaux réseaux	94 221 039 »
Acomptes sur travaux en cours	7 974 575,92
Approvisionnements	3 441 054,39
Caisses, banques, etc	20 151 340,82
Débiteurs divers	10 015 549,96
Participations industrielles	2 324 625 »
Dépôts et cautionnements	1 349 198,85
Droits de transmission sur actions	284 056,89
Frais d'émissions et prime de remboursement des obligations :	
Obligations 5 pour 100	1 635 734,14
Obligations 6 pour 100	4 398 293,85
	249 897 314,09

Passif.

	fr
Capital :	
500 000 actions de 250 fr	125 000 000 »
Obligations 5 pour 100	19 417 500 »
A reporter	144 417 500,00
Report	144 417 500,00
Obligations 6 pour 100	80 000 000 »
Réserve légale	240 155,75
Réserve d'amortissement :	
Par remboursement d'obligations 5 pour 100	792 083,97
Pour les usines de Vitry, Billancourt, Nanterre, Les Moulineaux et leurs réseaux de distribution	3 273 094,40
Provision pour grosses réparations, fonds de renouvellement et accidents	1 100 000 »
Créditeurs divers	7 667 330,23
Avance des Chemins de fer de l'Etat	2 327 164,65
Coupons d'actions et d'obligations à payer et obligations à rembourser	744 117,51
Profits et pertes :	
Exercice 1921	8 795 918,61
Report de l'exercice 1920	539 948,97
	249 897 314,09

Assemblée générale extraordinaire du 24 juin 1922.

Le Conseil a émis, en février 1922 pour un capital nominal de 40 millions, une deuxième tranche d'obligations 6 pour 100, d'un type identique à celle des émissions précédentes. Cette opération a pleinement réussi. A cette occasion, le Conseil n'a pas cru devoir épuiser complètement la faculté d'émission qui lui avait été accordée dans la précédente assemblée générale du 25 juin 1921. Il a estimé qu'il était préférable de maintenir une proportion plus égale entre le montant du capital actions et celui du capital obligations. Il a, par suite, envisagé l'éventualité d'une augmentation de capital, tant pour compléter les règlements des dépenses du programme actuellement en cours, que pour faire face aux besoins nouveaux, au développement corrélatif de ses installations, et pour assurer la participation éventuelle à certaines opérations se rattachant particulièrement à son objet.

Pour ces raisons, les actionnaires ont été convoqués en assemblée extraordinaire le même jour, afin d'autoriser le Conseil à porter le capital de la société de 125 à 200 millions de francs, en une ou plusieurs fois, aux époques qui lui paraîtront les plus convenables.

Les résolutions suivantes ont été votées :

Première résolution. — L'assemblée générale extraordinaire donne pouvoir au Conseil d'administration d'augmenter en une ou plusieurs fois, par ses seules délibérations et par la création d'actions à souscrire en numéraire, le capital social qui est actuellement de 125 000 000 fr, d'une somme de 75 000 000 fr pour le porter ainsi à 200 000 000 fr.

Les actions nouvelles seront émises, avec ou sans prime, aux taux et conditions, dans les délais et formes et pour le montant que le Conseil jugera convenables. Elles devront être libérées de la manière, aux époques et dans la proportion qui seront fixées par le Conseil. Celui-ci recueillera les souscriptions, recevra les versements, dressera toutes listes et les certifiera véritables.

Il fera, soit par lui même, soit par un de ses délégués, toutes déclarations de souscriptions recueillies et des versements effectués sur les nouvelles actions.

L'assemblée générale autorise, en outre, le Conseil d'administration, par application de l'article 8 des statuts, à suspendre, s'il y a lieu, pour tout ou partie des actions nouvelles à émettre le droit de préférence réservé aux anciens actionnaires pour la souscription des actions nouvelles.

Deuxième résolution. — L'assemblée générale, comme conséquence du vote de la résolution précédente, et sous la condition suspensive de la réalisation définitive des augmentations de capital successives visées par cette résolution, décide que la rédaction actuelle de l'article 6 des statuts sera modifiée et remplacée par des rédactions qui tiendront compte de chaque augmentation de capital réalisée.

Digitized by Google

Compagnie française des Tramways électriques et Omnibus de Bordeaux.

ASSEMBLÉE GÉNÉRALE ORDINAIRE DU 27 AVRIL 1922.

L'exercice 1921, comme les trois précédents, a été soumis aux clauses provisoires de la convention du 8 mars 1919, complétée par l'avenant du 10 juillet 1920, l'accord définitif de la Ville de Bordeaux n'étant pas encore approuvé.

Les recettes de l'exercice 1921, pour l'exploitation du réseau municipal, se sont élevées à 19830580,80 fr accusant une augmentation de 1322940,70 fr sur l'exercice précédent; les dépenses ont été de 17849831,67 fr en augmentation de 1029548,28 fr sur 1920. Les bénéfices d'exploitation se sont élevés à 1980749,13 fr en augmentation de 313392,42 fr.

Malgré cette amélioration dans le rendement du réseau municipal, le compte de gestion de l'exercice, qui comprend l'ensemble des charges de la société, s'est soldé par une insuffisance à la charge de la Ville de Bordeaux de 583537,09 fr, inférieure de 357526,06 fr à celle de 1920.

La municipalité, ne voulant pas augmenter les tarifs, a examiné d'autres moyens d'améliorer les résultats financiers de l'exploitation. Elle a envisagé la substitution des fils aériens au caniveau souterrain qui existe dans certaines parties du réseau; cette question est à l'étude.

Au cours de l'exercice, la compagnie a commencé d'importants travaux de renouvellement des voies; ce travail est à réaliser en six années; la municipalité de Bordeaux a demandé à la compagnie de se charger de l'entretien des véhicules automobiles de la ville. La compagnie a proposé le régime d'affermage dans lequel la rémunération qui lui serait due serait basée sur le nombre de véhicules dont l'entretien lui incomberait.

A l'assemblée générale extraordinaire du 12 novembre 1920, le Conseil avait rendu compte des accords intervenus entre la compagnie, le département de la Gironde et la ville de Bordeaux ayant pour objet l'affermage à la compagnie de l'exploitation des trois réseaux suburbains de tramways desservant la banlieue de Bordeaux; à la suite du décret approbatif promulgué le 14 février 1921 et sur demande faite par le Département, elle a pris en charge l'exploitation de ces lignes à partir du 16 avril 1921.

Le projet départemental prévoyait, aussitôt après l'affermage à la société, l'exécution de travaux importants de transformation des voies et du matériel, nécessaires pour réaliser la soudure des lignes suburbaines avec le réseau urbain de tramways et leur pénétration jusqu'au centre de la ville de Bordeaux.

Les travaux de remise en état et de transformation du matériel roulant sont actuellement en cours, de même que la construction d'une ligne nouvelle comprise dans le réseau affermé : celle de Bordeaux à Bègles. Aussitôt après l'achèvement de cette ligne, elle devra entreprendre la transformation successive en voie normale de 1,44 m de toutes les lignes suburbaines établies en voie de 1 m.

Suivant les clauses du traité d'affermage relatives à la rémunération de la compagnie, celle-ci a droit, d'une part, à 5 pour 100 des recettes brutes (impôts déduits) et à 5 pour 100 des bénéfices d'exploitation; d'autre part, dans le cas où le compte de gestion se solderait par un excédent la Compagnie aurait droit à un cinquième de celui-ci. Toutefois, si, pour le premier exercice de l'exploitation, la prise en charge n'avait pas lieu dès le début de l'année légale, le reliquat créditeur éventuel du compte de gestion devrait être porté sur l'exercice suivant. L'exploitation du réseau affermé ayant été prise en charge par la compagnie à la date du 16 avril 1921, cette dernière clause doit être appliquée pour cet exercice.

Le compte de gestion, pour la période du 16 avril au 31 décembre 1921, s'est soldé par un crédit de 384227,54 fr qui a été reporté à l'exercice 1922.

Les recettes d'exploitation pour cette même période ont été de 2403062,23 fr et les dépenses de 1832662,29 fr laissant un bénéfice d'exploitation de 570399,96 fr.

La rémunération calculée sur les bases du traité d'affermage a été de 144407,95 fr.

L'exécution en régie des travaux ayant été confiée à la compagnie, il lui est alloué une rémunération égale à 10 pour 100 au montant des travaux éxécutés, soit 135063,38 fr.

Le compte de profits et pertes se décompose ainsi :

Pour le réseau urbain, 1389052,63 fr; pour le réseau suburbain, 279471,33 fr; soit ensemble, 1668523,96 fr auxquels il faut ajouter le report précédent, 150658,20 fr.

Ce solde se répartit : 5 pour 100 à la réserve légale, amortissement statutaire de 279 actions à 300 fr et amortissement supplémentaire de 200000 fr, un dividende de 5 pour 100 aux 92713 actions de capital, 14248,52 fr au Conseil d'administration, un dividende de 2,50 fr aux 96874 actions en circulation.

Le report à nouveau est de 36709,95 fr.

Le dividende est payable, sous déduction des impôts établis par les lois de finances, à raison de 15 fr pour les actions de capital, en échange du coupon n° 35 et à raison de 2,50 fr pour les actions de jouissance, en échange du coupon n° 3.

L'assemblée générale autorise le Conseil d'administration à employer le montant du fond d'amortissement supplémentaire du capital au rachat en bourse des actions de la compagnie, au mieux de ses intérêts et à un prix qui ne pourra dépasser 300 fr, conformément à l'article 48 des statuts.

BILAN AU 31 DÉCEMBRE 1921.

Actif.

	fr
Dépenses d'établissement du réseau ancien :	
Terrains et bâtiments, dépôts, voies, matériel roulant, outillage, mobilier, etc.	8 525 715,06
Traction électrique :	
Dépenses d'établissement au 31 décembre 1921 : terrains, travaux, frais divers, etc.	28 859 886,08
Traction automobile :	
Dépenses d'établissement au 31 décembre 1921 : matériel roulant, aménagement, frais divers, etc.	342 970,79
Caisse, banquiers et portefeuille	2 834 731,07
Débiteurs divers	1 289 852,24
Cautionnements de la compagnie	221 748,33
Approvisionnements divers	3 005 338,12
Prime de remboursement des obligations	1 058 353,85
Compte spécial de guerre	2 858 753,01
	48 997 348,55

Passif.

	fr
Capital :	
92713 actions de 250 fr	23 178 250 »
4161 actions amorties	1 040 250 »
3126 actions rachetées	781 500 »
16475 obligations de 500 fr	8 237 500 »
Réserve statutaire	1 278 456,43
Fonds d'amortissements d'actions	139,58
Amortissement par remboursement des obligations	3 516 665,50
Réserve pour incendie, accidents du travail et accidents causés aux tiers (fonds constitués antérieurement au 1er janvier 1918)	798 321,33
Réserve pour incendie, accidents du travail et accidents causés aux tiers (fonds constitués postérieurement au 1er janvier 1918)	537 912,73
Provision pour renouvellement de la voie, du matériel roulant, de l'outillage et des installations d'usine	2 088 377,62
Dépôts divers	994 919,21
Créanciers divers	4 725 873,99
Profits et pertes	1 819 182,16
	48 997 348,55

Digitized by Google

Compagnie parisienne de Distribution d'Électricité.

ASSEMBLÉE GÉNÉRALE ORDINAIRE DU 27 JUIN 1922.

La compagnie avait adopté, lors de l'avant-dernier exercice, un projet d'avenant avec le Conseil municipal modifiant la convention du 5 septembre 1907. Cet avenant n'a été ratifié par le gouvernement que le 7 août 1921. L'application de l'avenant avait été prévue, à titre provisoire à partir du 1er janvier 1921, et à titre définitif à partir du jour de son approbation par décret.

A ne considérer que les intérêts généraux, on ne peut faire, dès à présent, que des constatations satisfaisantes.

Le public, comprenant la nécessité des modifications de la tarification, en avait apprécié par avance l'élasticité dont il comptait bien bénéficier à bref délai. Il n'a pas été déçu. Pour l'éclairage, du tarif de 1,10 fr le kw-h, on est passé successivement à 1 fr, à 0,90 fr (et prochainement à 0,80 fr réalisant un abaissement total qui va atteindre 30 pour 100, si bien que les progrès de la technique ayant réduit, d'autre part, la consommation unitaire des lampes, la lumière électrique coûte aujourd'hui — chose rare — moins cher qu'avant la guerre. Aussi les restrictions une fois détendues, la clientèle et sa consommation se sont considérablement développées. La vente de courant pour l'éclairage est passée d'environ 85 millions de kilowatts-heure en 1920 à 103 millions en 1921 faisant plus que compenser la dépression due à la crise industrielle qui a réduit la consommation de force motrice de 105 millions de kilowatts-heure à 98 millions.

Au total, la consommation de courant de l'année est passée de 191 155 055 kw-h à 202 720 493 kw-h, malgré la crise industrielle. Dans les premiers mois de 1922, cette consommation a fait un bond particulièrement important en s'accroissant de 20 pour 100 par rapport à l'année précédente.

Le nombre des abonnés qui était de 240 721 au 31 décembre 1920, a atteint 272 701 au 31 décembre 1921, en augmentation de 13,28 pour 100.

La puissance maximum instantanée aux usines, qui n'avait atteint que 109 000 kw en 1920, a dépassé 133 000 kw en 1921, devenant sensiblement supérieure aux disponibilités des usines qui ont pu cependant, grâce au concours des fournisseurs extérieurs, faire face aux besoins.

Au moment où est envisagé l'achèvement de ce premier programme correspondant à une dépense d'environ 235 millions, il apparait clairement que ce programme est juste suffisant pour faire face aux besoins immédiats.

La constitution du fonds de travaux que le jeu de l'avenant a déjà alimenté en 1921 d'une quinzaine de millions, constitue, dès maintenant, un gage financier de premier ordre qui a permis de faire au printemps dernier, avec un plein succès, un emprunt en bons décennaux de 6 pour 100 d'un nominal de 100 millions de francs pour constituer l'avance temporaire de trésorerie remboursable par la Ville (article 3 de l'avenant) que M. le préfet de la Seine a demandé de consentir.

Les travaux entrepris pour doubler la puissance des usines et la porter de 120 000 à 240 000 kw éclatir sont presque terminés actuellement. Il faudra ensuite établir de nouvelles sous-stations, augmenter le nombre des bureaux de quartier et surtout préparer l'unification du réseau à la fréquence de 50 p : s, de manière à mettre la société en état de recevoir, en cas de besoin, l'appoint du courant extérieur, qu'il vienne du Rhône ou des usines thermiques. Tous ces travaux sont à la charge de la Ville de Paris, qui est propriétaire des usines de la société. La société peut se charger de les exécuter, mais il faudra des sommes élevées. C'est pourquoi le Conseil demande l'autorisation d'émettre 200 millions de bons ou obligations, afin de pouvoir faire les avances nécessaires à la Ville de Paris.

La société, d'accord avec la Ville de Paris, a constitué une première réserve de 1 800 000 fr, qui sera alimentée chaque année en tant que de besoin.

Le compte de profits et pertes comporte les produits nets d'exploitation s'élevant à 37 847 527,55 fr auxquels s'ajoutent les revenus du domaine privé de la société 1 004 020,95 fr et les intérêts et divers 1 207 688,20 fr.

Si l'on déduit les intérêts des obligations 3 357 693,75 fr et le compte d'amortissement 4 656 741,52 fr, il reste une somme de 32 044 801,43 fr sur laquelle 11 398 177,24 fr reviennent à la Ville de Paris à titre de loyer supplémentaire, en application de l'article 30 *bis* de la convention modifiée par l'article 5 de l'avenant.

Le solde bénéficiaire ressort à 20 646 524,10 fr.

Il y a lieu d'en déduire les 5 pour 100 de la réserve légale qui, aux termes de l'article 41 des statuts et de l'article 30 *bis* de la convention, sont calculés sur le solde de 32 044 801,43 fr, avant prélèvement du loyer supplémentaire.

Il reste une disponibilité de 19 044 284,12 fr, à laquelle s'ajoutent les bénéfices reportés des exercices antérieurs, soit 608 244,80 fr.

La Ville de son côté a touché, en dehors du loyer de 13 358 356,74 fr, un loyer supplémentaire de 11 398 277,24 fr. le fonds de travaux, comme il a été dit, ayant été alimenté de 15 501 146,16 fr.

Il est réparti aux actions une somme totale de 14 millions de francs, soit 35 fr par action, sous déduction des impôts, soit :

31,50 fr net par action nominative;

29,84 fr net par action au porteur.

Ce dividende est payable par moitié, les 1er juillet et 1er décembre en échange des coupons 14 et 15.

Sur le solde de 5 652 528,92 fr, une somme de 2 962 608,35 fr est versée à la provision pour éventualités diverses pour porter cette provision à 12 millions de francs.

Le surplus, soit 2 689 920,56 fr est reporté à nouveau.

BILAN AU 31 DÉCEMBRE 1921.

Actif.

	fr
Dépenses de premier établissement	208 688 795,23
Mobilier et installations	1 977 590,84
Prime de remboursement des obligations	3 375 000 »
Premier établissement au compte Ville de Paris.	30 599 814,65
Section nouvelle du premier établissement compte Ville de Paris	73 554 179,14
Caisses et banques. Solde débiteur	3 110 484,56
Valeurs en portefeuille	56 627,70
Cautionnements	2 031 296,10
Approvisionnements	8 423 337,90
Comptes débiteurs	25 863 989,95
Transformation de l'éclairage public	820 601,18
	357 517 707,25

Passif.

	fr
Capital social	100 000 000 »
Obligations en circulation	80 170 500 »
— amorties	19 829 500 »
Réserve pour amortissement des actions	17 283 684,98
Réserve supplémentaire d'amortissement	679 842,11
Réserve légale	1 610 960,23
Bénéfices reportés des exercices antérieurs	608 244,80
Remboursement Ville de Paris sur travaux de premier établissement	28 540 068,40
Provision pour éventualités diverses	9 037 391,64
Autres comptes créditeurs	64 142 347,71
Fonds de travaux	14 968 643,19
Compte de profits et pertes : Solde créditeur	20 646 524,19
	357 517 707,25

Digitized by Google

SECTION DE LÉGISLATION

Législation, jurisprudence, réglementation

Arrêt du Conseil d'Etat concernant les permissions de voirie.

La tendance actuelle de l'Administration des Travaux publics est d'amener les sociétés de distribution d'énergie électrique fonctionnant sous le régime des permissions de voirie à se placer sous le régime de la concession d'Etat, lorsque, pour l'extension de leurs réseaux, ces sociétés se trouvent dans l'obligation de formuler une nouvelle demande de permission de voirie. Un arrêt récent du Conseil d'Etat, en date du 4 août 1922, fournit un renseignement intéressant au sujet du droit de l'Administration à refuser une telle demande.

Dans l'espèce, la Compagnie du Bourbonnais (de Lachomette, Villiers et Cie), société en commandite par actions dont le siège social est à Lyon, 4, quai de la Pêcherie, qui exploite, en vertu de permissions de voirie, le réseau de Rennes, avait sollicité du ministre des Travaux publics l'octroi d'une nouvelle permission de voirie pour desservir l'Ecole d'Agriculture. Cette permission lui ayant été refusée par décision du 7 mai 1919, elle se pourvut devant le Conseil d'Etat, lequel, par arrêt du 4 février 1921, renvoya la compagnie devant le ministre. La compagnie ayant essuyé un nouveau refus, par décision ministérielle du 26 mars 1921, l'affaire revint devant le Conseil d'Etat qui, statuant au contentieux sous la présidence de M. J. Romieu, annula de nouveau la décision ministérielle. Voici le texte de cet arrêt.

Le Conseil d'Etat statuant au contentieux.

Vu la requête sommaire et le mémoire ampliatif présentés pour la Compagnie du Bourbonnais (de Lachomette, Villiers et Cie), société en commandite par actions dont le siège social est à Lyon, 4, quai de la Pêcherie, agissant poursuites et diligences de ses gérants statutaires domiciliés audit siège social, et tendant à ce qu'il plaise au Conseil d'annuler, pour excès de pouvoir, une décision, en date du 26 mars 1921, par laquelle le ministre des Travaux publics lui a refusé une permission de voirie pour l'établissement d'une ligne de transport à haute tension entre l'usine génératrice du boulevard Voltaire, à Rennes, et la limite de la commune de Rennes sur la route nationale n° 164 *bis*;

Ouï M. Alibert, auditeur, en son rapport;

Ouï M. Hannotin, avocat de la Compagnie du Bourbonnais, en ses observations;

Ouï M. A. Ripert, maître des requêtes, commissaire du Gouvernement, en ses conclusions;

Considérant qu'il résulte de l'instruction que, par des permissions de voirie successives et régulièrement accordées, la Compagnie du Bourbonnais a constitué depuis près de vingt ans, dans la ville de Rennes et sa banlieue, un réseau de distribution publique d'énergie électrique dont l'importance dépasse actuellement 40 km; qu'elle a, en 1919, demandé une nouvelle permission de voirie pour relier son usine génératrice de Rennes à l'Ecole d'Agriculture; que, par décision du 7 mai 1919, le ministre des Travaux publics a rejeté cette pétition, et qu'à la date du 4 février 1921, le Conseil d'Etat statuant au contention a annulé ce refus par les motifs que : « si l'Administration, à l'égard des exploitants de distributions d'énergie électrique, a le droit de décider souverainement, dans chaque espèce, s'il convient ou non, dans l'intérêt général, d'accorder de nouvelles permissions de voirie destinées à étendre le réseau de la distribution, elle ne saurait, pour motiver son refus, se fonder sur ce que l'octroi de ces permissions serait irrégulier par le seul fait qu'il ne rentrerait pas dans les cas prévus par les circulaires ministérielles »; qu'en conséquence de cette décision, le Conseil d'Etat a renvoyé la Compagnie devant le ministre « pour être statué à nouveau sur sa demande par l'autorité compétente, à qui il appartiendra d'examiner si, en fait, il y a lieu d'y faire droit »;

Considérant que le ministre des Travaux publics avait l'obligation de rechercher si l'intérêt général s'opposait ou non à l'adoption d'un projet qui apparaissait comme ne tendant qu'à assurer la meilleure utilisation du réseau préexistant; qu'au lieu de se livrer à cette appréciation de fait des éléments de la cause, il s'est borné à refuser une seconde fois la permission dont il s'agit, en alléguant, il est vrai, pour écarter les apparences d'une nouvelle erreur de droit, que l'intérêt général s'opposait à ce que la demande de la compagnie requérante fût favorablement accueillie; mais qu'une telle allégation, qui n'est qu'une pure déclaration de principe, n'est pas de nature, dans les circonstances où elle s'est produite, à changer le véritable caractère de la décision attaquée, laquelle n'est en réalité que la reproduction de la première décision, et à en empêcher l'annulation:

Décide :

Article premier. — La décision susvisée du ministre des Travaux publics, en date du 26 mars 1921, est annulée.

Art. 2. — La Compagnie du Bourbonnais est renvoyée devant le ministre des Travaux publics pour être statué à nouveau sur sa demande par l'autorité compétente, à qui il appartiendra d'examiner si, eu égard aux circonstances de fait, il y a lieu d'y faire droit.

Loi modifiant l'article premier de la loi du 1er juillet 1906, relative à l'application en France des conventions internationales concernant la propriété industrielle.

Voici le texte de cette loi, en date du 10 juillet 1922 et publiée au « Journal officiel », p. 7215.

Article premier. — Les Français peuvent revendiquer l'application à leur profit, en France, en Algérie et dans les colonies françaises, des dispositions relatives à la propriété industrielle contenues dans les traités et arrangements internationaux en vigueur en France, entre le 1er août 1914 et la date de la promulgation de la présente loi, dans tous les cas où ces dispositions sont plus favorables que la loi française pour protéger les droits dérivant de la propriété industrielle et, notamment en ce qui concerne les droits de priorité, de payement des annuités et d'exploitation en matière de brevets d'invention.

Art. 2. — Les droits de propriété industrielle qui, en vertu de l'article précédent, seront remis en vigueur, auront leur effet, sous réserve des droits des tiers.

Fait à Paris, le 10 juillet 1922.

Digitized by Google

Sur l'application de l'impôt sur le chiffre d'affaires aux importations.

Le « Journal officiel » du 10 septembre 1922 publie, page 2572 des « Débats parlementaires, Chambre des Députés », la question et la réponse suivantes :

14288. — M. Nibelle, député, expose à M. le ministre des Finances que, par jugement récent, l'administration des douanes a été condamnée à rembourser le décime supplémentaire qu'elle réclame au titre de la taxe d'importation en prélevant 1,10 pour 100 au lieu de 1 pour 100, que l'administration s'est pourvue en cassation, demande au ministre : 1° quelles mesures doivent prendre les intéressés en attendant la décision de la Cour suprême ; 2° s'il doit être fait une demande individuelle de remboursement ou si elle peut être faite par un syndicat ou groupement de commerçants par une réclamation collective ; s'il doit être fait, dans ce cas, autant de demandes séparées que d'intéressés ; 3° si ces demandes doivent être faites sur feuille de timbre ou par exploit d'huissier. (Question du 26 juin 1922.)

Réponse. — La perception d'un décime en sus de la taxe d'importation étant, ainsi que l'explique la réponse à la question écrite n° 13041 posée par M. Grinda, député (*Journal officiel* du 15 avril 1922, page 1487), conforme à l'esprit autant qu'à la lettre de l'article 72 de la loi du 25 juin 1910, l'administration ne saurait faire état, à l'encontre de cette interprétation, d'un jugement isolé et elle ne pourra que tenir pour non avenues les demandes de remboursement qui lui parviendront. Bien que les intéressés soient seuls juges des mesures à prendre pour sauvegarder leurs droits, il est rappelé qu'aux termes de l'article 25 du titre XIII de la loi des 6-22 août 1791, une demande en justice constitue le moyen normal d'interrompre la prescription biennale prévue par ce texte. Cette demande ne peut émaner que des déclarants eux-mêmes ou de leurs mandants ; car, en matière de remboursements de droits, les groupements ou syndicats n'ont aucune qualité pour intervenir.

Sur la fourniture de l'énergie électrique aux réseaux communaux par les propriétaires de lignes de transmission concédées par l'Etat au titre de services publics.

Le « Journal officiel » du 21 juin 1922 publie, page 1912 des « Débats parlementaires, Chambre des Députés » la question et la réponse qui suivent :

13907. — M. Jovelet, député, demande à M. le ministre des Travaux publics : 1° si un concessionnaire communal a le droit d'obtenir du courant du concessionnaire d'Etat, dont la ligne passe sur le territoire de la commune concédée et quelle est la procédure qu'il doit employer pour obtenir l'énergie électrique dont il a besoin, s'il se trouve en présence d'un concessionnaire d'Etat qui oppose l'inertie à sa demande ; 2° si, lorsqu'il arrive qu'un concessionnaire communal est en même temps concessionnaire d'Etat d'un petit réseau de distribution aux services publics, le fait qu'il obtient une concession d'Etat pour transformation de ses permissions de voirie en concessions d'Etat lui enlève le droit d'obtenir du courant du concessionnaire d'Etat, services publics, dont la ligne passera sur le territoire qu'il distribue. (Question du 1er juin 1922.)

Réponse. — 1° Le concessionnaire d'une distribution communale d'énergie électrique a le droit d'exiger d'un concessionnaire de distribution d'énergie aux services publics la fourniture de l'énergie qui lui est nécessaire, si la distribution communale est située dans la zone fixée à l'article 14 du cahier des charges de la concession de distribution aux services publics, et si les conditions de durée d'abonnement, de puissance souscrite et de garantie de recette brute annuelle inscrites à l'article 13 du cahier des charges précité sont remplies. Il faut d'ailleurs, également, lorsqu'un maximum de puissance à fournir obligatoirement aux services publics est prévu dans ce dernier article, que ce maximum ne soit pas encore atteint. En cas de refus du concessionnaire d'Etat, la procédure à employer consistera à adresser une protestation motivée, soit au préfet, soit à l'administration supérieure (suivant l'étendue du territoire desservi) ; lorsqu'une mise en demeure faite par l'autorité compétente au concessionnaire d'Etat d'avoir à se conformer aux dispositions de son cahier des charges sera demeurée inefficace, des amendes, dont le taux est fixé par l'article 30 du cahier des charges, pourront être prononcées contre lui, par le préfet, après avis de l'ingénieur du contrôle, sans préjudice, d'ailleurs, s'il y a lieu, de dommages-intérêts envers les tiers intéressés ; 2° étant donné la rédaction actuelle de l'article 1er du cahier des charges type des concessions de distribution aux services publics, il est douteux qu'un concessionnaire d'une telle distribution puisse être tenu d'alimenter une autre concession de même nature. Cette lacune n'a pas échappé à l'attention de l'administration et n'existera plus dans le nouveau cahier des charges types en cours d'élaboration.

Sur l'application de la loi sur les bénéfices de guerre.

Le « Journal officiel » du 2 août 1922 publie, page 2550 des « Débats parlementaires, Chambre des Députés » les deux questions et réponses qui suivent :

13958. — M. Le Guen, député, expose à M. le ministre des Finances que, bien qu'en principe les décisions de la commission du premier degré sur les bénéfices de guerre, non contestés dans la forme et les délais fixés par l'article 11 de la loi du 1er juillet 1916 soient devenues définitives, l'article 14 de la même loi reconnait à l'Administration des Contributions directes le droit de réparer, pendant un certain temps, toute omission qu'elle aurait relevée au sujet de l'application de cette loi ; la jurisprudence de la Commission supérieure ayant d'ailleurs donné à ce texte une interprétation des plus étendues ; et demande si, inversement, en cas de surtaxe reconnue, l'administration peut, à la demande des intéressés, et dans les mêmes délais, après étude des cas particuliers, inviter la commission du premier degré à reviser des bases d'imposition qui seraient établies manifestement au détriment des contribuables. (Question du 8 juin 1922.)

Réponse. — Dès l'instant qu'ils n'ont pas usé en temps utile de la faculté que leur donne la loi de contester leurs bases de cotisation devant la commission supérieure, les contribuables passibles de la contribution extraordinaire sur les bénéfices de guerre qui se croient surtaxés ne peuvent plus être admis à en demander la revision, l'administration n'étant au surplus autorisée par aucune disposition législative à provoquer le redressement par les commissions du premier degré, des impositions qui seraient reconnues exagérées.

14047. — M. Guen, député, demande à M. le ministre des Finances, si, en cas de réalisation d'une créance pour dommages de guerre par un contribuable, il y a lieu de tenir compte dans le calcul des bénéfices de guerre de ce contribuable, de la différence entre la valeur de réalisation et la valeur attribuée à l'actif au 1er août 1914. (Question du 13 juin 1922.)

Réponse. — Si l'opération a été réalisée pendant la période d'application de la contribution extraordinaire sur les bénéfices de guerre (1er août 1914-30 juin 1920), le produit de la vente de l'actif d'une entreprise est susceptible, d'après la jurisprudence de la commission supérieure, d'être atteint par ladite contribution dans la mesure où il excède la valeur de l'actif au 1er août 1914. L'administration estime que cette règle doit notamment recevoir son application dans le cas de réalisation d'une créance pour dommages de guerre.

Digitized by Google

REVUE GÉNÉRALE DE L'ÉLECTRICITÉ

Organe de l'Union des Syndicats de l'Électricité

réunissant

LA REVUE ÉLECTRIQUE 1904-1916 — LA LUMIÈRE ÉLECTRIQUE 1879-1916

DIRECTEUR : J. BLONDIN, Agrégé de l'Université.

6e ANNÉE. — TOME XII. — N° 17. — 28 OCTOBRE 1922.

Chronique — Nécrologie : Philippe-Auguste Guye. — Bibliographie : Notes économiques d'un métallurgiste, par Camille CAVALIER. p. 617-618

Section scientifique et technique. — Sur la production des harmoniques 3 dans les machines à induction à charge déséquilibrée, par G.-L. STORVIS, p. 619. Revues, analyses et informations : Sur les spectres de rayons X et la théorie de la structure atomique, p. 629 ; Un nouveau redresseur, p. 632 ; Sur les forces exercées par le rayonnement électromagnétique, p. 633.

Section industrielle. — L'exposition de matériel électrique agricole de Compiègne, par Ach. DELAMARRE, p. 635. — Propriétés et applications industrielles de la bakélite, produit de condensation du phénol, son rôle dans l'appareillage électrotechnique, son emploi possible pour la protection des eaux d'alimentation, par Georges KIMPFLIN, p. 637. — Note sur le calcul des déversoirs de crues des barrages réservoirs, par Otto SOMMER, p. 641. — Revues, analyses et informations : Calcul de l'erreur introduite par les transformateurs de mesure, p. 644 ; Les conditions économiques du fonctionnement d'un réseau en triangle ouvert, p. 645 ; Les moteurs semi-Diesel, état actuel de leur construction et de leur utilisation, p. 646 ; Entretien des lignes à haute tension sans interruption de service, p. 651.

Section économique et financière. — Assemblées générales : Société des Forges et Ateliers de Constructions électriques de Jeumont, p. 653 ; Société parisienne pour l'Industrie des Chemins de fer et des Tramways électriques, p. 653 ; Gaz et Electricité de Valence, p. 654.

Section de législation. — Législation, jurisprudence, réglementation : Projet de loi concernant les caisses de secours et de retraites des établissements industriels et commerciaux, p. 655 ; Sur la non-application de la taxe sur le chiffre d'affaires aux frais de transport des marchandises, p. 656 ; Sur l'application de la taxe sur le chiffre d'affaires aux petits artisans travaillant tantôt comme salariés tantôt comme entrepreneurs, p. 656 ; Sur l'application de la taxe sur le chiffre d'affaires aux marchandises importées en France, p. 656.

Nécrologie : Philippe-Auguste Guye. —

Au mois de mars dernier est mort, à Genève, l'un des plus éminents savants suisses de notre époque, dont le nom faisait autorité dans le domaine de la chimie physique, Philippe-Auguste Guye.

Citoyen genevois, né à Saint-Christophe (Vaud) le 12 juin 1862, il fit ses études universitaires à Genève, publia quelques recherches du domaine de la chimie organique, puis vint à Paris où il resta environ six ans. Il suivit les cours de l'Ecole des Hautes Etudes et prépara une thèse de docteur ès sciences physiques qui fut très remarquée.

Il revint en 1892 à Genève pour occuper la chaire de Chimie théorique et technique créée spécialement pour lui et c'est dans les laboratoires de cette ville qu'il poursuivit les travaux qui ont illustré son nom et qui font l'objet d'un nombre considérable de mémoires (1).

L'œuvre de Guye appartient surtout au domaine de la Chimie physique, car la partie la plus considérable est relative à la détermination des poids atomiques et comprend, d'autre part, des recherches sur la polarisation rotatoire et une série de travaux concernant l'équation de van der Waals, ses constantes et ses propriétés au point critique.

Mais, à côté de ces travaux purement scientifiques, l'activité de ce savant se tourna de bonne heure vers certains problèmes industriels.

Il n'était pas à proprement parler un technicien, mais aucune des grandes questions industrielles ne lui était étrangère et il établit entre le laboratoire et l'industrie un échange fructueux, élargissant pour ses étudiants l'enseignement du maître et apportant à l'usine les conseils du savant.

Il entreprit, dès 1900, des recherches expérimentales

(1) Nous relevons, dans la longue liste des travaux de Ph.-A. Guye, comprenant 209 mémoires et établie par quelques élèves et amis du professeur, les travaux suivants qui se rapportent plus particulièrement à l'électrochimie :

Etudes physico-chimiques sur l'électrolyse des chlorures alcalins, théorie élémentaire des électrolyseurs à diaphragmes. *Journal de Chimie physique*, 1903, t. 1, p. 121 et *Archives des Sciences physiques et naturelles* (Genève), 1903, t. XV, p, 612 ; t XVI, p. 121 et 212.

La fixation de l'azote et l'électrochimie. *Actes de la Société helvétique des Sciences naturelles* (Lucerne) 1906 ; *Revue générale des Sciences*, t. XVII, p. 28.

La fixation industrielle de l'azote. Conférence donnée devant la Société chimique de France. *Bulletin de la Société chimique de France*, 1909, t. V, p. 1-48.

Digitized by Google

sur l'électrolyse des chlorures alcalins dont le résultat fut un beau mémoire sur la théorie élémentaire des électrolyseurs à diaphragmes. Les vérifications ultérieures de cette théorie furent satisfaisantes et montrèrent qu'elle est susceptible, dans certains cas, d'une application très générale.

Nous ne pouvons entrer dans le détail des questions industrielles qu'il étudia ainsi; mentionnons seulement les principales : électrolyse de la soude, fabrication, à partir de la galène, du sulfate basique de plomb comme succédané de la céruse, préparation des chlorates par fabrication intermédiaire du chlorure de zinc et, surtout, la synthèse électrochimique de l'acide nitrique, importante question à laquelle son nom restera toujours attaché.

Il avait entrepris l'étude de cette dernière question en 1893 avec M. Aloys Naville et M. C.-E. Guye, puis l'avait continuée avec d'autres collaborateurs et, malgré les difficultés de tout genre qu'il avait rencontrées, sa ténacité finit par être récompensée, puisque les premières unités du four Guye, qu'il appelait « four genevois » ont commencé à fonctionner en France. Aux principes posés dans les brevets de 1895 il avait ajouté l'utilisation d'arcs en série destinée à assurer l'autorégulation; l'emploi de bobines de self-induction sans fer; l'addition d'oxygène pour augmenter le rendement et, enfin, la récupération par le froid des oxydes d'azote produits par l'arc.

Philippe-Auguste GUYE
1862-1922

Mais Guye s'était vite rendu compte que l'étude relative à l'acide nitrique n'était pas limité à la synthèse; il étudia, avec ses collaborateurs, les multiples détails de ce problème. Il voyait dans cette question des modifications considérables de l'industrie chimique; c'est ainsi que l'on peut relever dans son ouvrage « L'acide nitrique synthétique » les idées suivantes : « Cela revient à dire que le champ d'activité réservé à la nouvelle industrie des oxydes d'azote synthétique est illimité; à cet égard, il ne peut être comparé à aucun autre dans le domaine de la chimie appliquée. A tout cela s'ajoute, enfin, le fait que le développement de cette jeune industrie nécessitera la mise en valeur de forces motrices colossales, sans emploi autrement; il touche enfin à des problèmes économiques et sociaux de la plus haute importance dont dépendent l'avenir et la vitalité des nations civilisées. Il ne semble donc pas exagéré d'affirmer que le développement de cette nouvelle industrie sera l'un des événements les plus considérables du XXe siècle ».

Guye avait créé, en 1903, à Genève, le « Journal de Chimie physique » qui ne tarda pas à être largement répandu et à bénéficier de la réputation de son fondateur.

Une telle activité devait lui attirer de nombreuses distinctions scientifiques, parmi lesquelles nous pouvons citer le titre decorrespondant de l'Académie des Sciences de Paris, les médailles Lavoisier et Le Blanc de la Société chimique de France et la médaille Davy de la Société royale de Londres.

Si nous ajoutons que Guye était, en même temps qu'un esprit supérieur et actif, un remarquable formateur d'élèves, on comprendra que l'Université de Genève et, avec elle l'ensemble du monde scientifique viennent de perdre l'un de leurs plus précieux collaborateurs. — B. E.

Bibliographie : Notes économiques d'un métallurgiste. par Camille CAVALIER, Maître de Forges, président honoraire de la Chambre de Commerce de Nancy (1). — En publiant cette série de notes écrites pendant et après la guerre sur les questions économiques intéressant l'industrie française et particulièrement l'industrie métallurgique, l'auteur a voulu faire profiter ses concitoyens de sa longue pratique des affaires et, par là, contribuer dans une large mesure au relèvement et à la prospérité de notre pays. Dans la première partie, il compare tout d'abord l'industrie française et l'industrie allemande au point de vue de l'exportation; puis il montre que la situation prépondérante acquise par cette dernière résulte principalement du charbon dont elle dispose en abondance; elle a aussi donné un essor considérable à ses différents moyens de transport et, par son organisation bancaire dans le monde entier, elle a pu livrer des marchandises à échéance très éloignée, ce qui est particulièrement apprécié de la clientèle. Dans le deuxième chapitre, M. Cavalier envisage le rôle des patrons dans l'industrie et indique, à la suite, les améliorations, les évolutions et les réformes qui sont nécessaires à la métallurgie française. Les difficultés de l'après-guerre, leurs origines et leurs aggravations particulières pour la France sont exposées dans la troisième et dernière partie qui se termine par un exposé des conditions dans lesquelles l'intervention de la métallurgie permettra le rétablissement de la situation économique française. Le livre de M. Cavalier intéressera donc de nombreux lecteurs à des titres divers, car il constitue une synthèse de ce qu'une longue expérience peut avoir appris à l'un des dirigeants de l'industrie française sur les intérêts généraux les plus précieux de l'industrie métallurgique et sur l'intérêt général du pays lui-même. — B. C.

(1) Un volume, format 23 cm × 14 cm, IX-153 pages, édité par Gauthier-Villars et Cie, 55, quai des Grands-Augustins, Paris (VIe). Prix : broché, 3,50 fr.

Digitized by Google

SECTION SCIENTIFIQUE & TECHNIQUE

Sur la production des harmoniques 3 dans les machines à induction à charge déséquilibrée

L'auteur développe la théorie du champ inverse, créé par la charge déséquilibrée d'une machine triphasée à champ tournant. Il démontre, par le calcul et l'expérience, l'existence d'un harmonique trois de la tension fondamentale circulant dans l'induit et d'un harmonique deux circulant dans l'inducteur et se superposant à la tension continue. L'harmonique trois prenant naissance par le déséquilibrage ne peut être éliminé par l'association des phases en étoile; il n'est pas causé, comme dans tous les autres cas, par un champ tournant, ayant un tiers du pas polaire et qui se meut à la vitesse synchrone, mais par un champ tournant, identique aux autres réactions d'induit, par contre tournant trois fois plus vite. L'auteur indique la manière de calculer et de déterminer la grandeur de l'harmonique trois par l'expérience au moyen d'une réactance appelée « réactance inverse ». Il prouve, par l'expérience, que toute combinaison de trois courants qui font naître le même harmonique trois peut s'obtenir par un diagramme circulaire (1).

I. **Historique et introduction.** — La charge déséquilibrée de la génératrice triphasée est un phénomène dont on s'est peu préoccupé jusqu'ici.

Au premier abord, il semble que des recherches dans cette direction ne puissent être que d'un intérêt purement théorique, car, pratiquement, on s'efforce toujours d'équilibrer la charge d'une génératrice d'une manière aussi exacte que possible et, en outre, il paraît, à première vue, que l'on n'éprouve pas de grands inconvénients d'une charge déséquilibrée, même si cette charge diffère sensiblement de la charge équilibrée.

Les lignes suivantes démontreront que cette opinion est absolument erronée, mais la ferme conviction qu'une charge déséquilibrée était inoffensive n'incitait pas à des recherches scientifiques.

Dans la théorie bien connue qu'il a publiée sur les champs magnétiques tournants, en 1895 (2), M. Blondel a montré comment le champ résultant des machines polyphasées et, en particulier, des moteurs, peut être obtenu par la composition des ondes tournantes produites par chacun des enroulements, ces ondes tournantes étant obtenues en décomposant une onde de forme sensiblement rectangulaire en ses harmoniques et en appliquant à chacun des harmoniques le sens et la vitesse de rotation convenables. Au Congrès de Saint-Louis, en 1904 (1), il a signalé que cette même théorie s'applique aussi à la réaction d'induit des alternateurs polyphasés. M. Blondel n'a considéré que des charges équilibrées et il a montré que, dans ce cas, les ondes fondamentales de sens de rotation inverse s'annulent réciproquement.

Quelques années plus tard, Arnold (2), se référant à la théorie de M. Blondel, l'a appliquée d'une façon plus détaillée aux alternateurs. Nous nous proposons de nous placer ici à un point de vue plus général.

La théorie qui va suivre nous prouvera qu'il est impossible d'imaginer ou de réaliser un cas de charge de machine mono ou polyphasée n'engendrant pas une réaction « inversée », sauf la charge symétrique. *Ce que nous regardions jusqu'ici comme la règle est exception et ce que nous regardions comme exception est la règle.*

Nous ne pouvons nous déclarer d'accord avec la solution que donne Arnold dans son livre : « Die Wechselstrom Technik », t. I, p. 296. Cet auteur assimile les phases de la génératrice à des admittances constantes, c'est-à-dire à un réseau de distribution ayant de la résistance ohmique, de l'inductance et de la capacité. En partant de telles bases qui sont en contradiction avec la réalité, il est naturel que les résultats soient eux-mêmes en désaccord avec elle. Mais, même en admettant que, numériquement, les résultats ne s'en écartent pas trop, il est certain que, partant de telles hypothèses, il est impossible de pénétrer, de suivre et de prévoir les phénomènes tels qu'ils se présentent dans la réalité.

(1) Cet article a été rédigé en 1914; par suite de la guerre, je le croyais perdu, car l'occupation de Lille m'empêcha d'avoir des renseignements exacts sur son sort. Ce n'est que trois ans après l'armistice que j'ai appris, par hasard, qu'il avait été emporté par un de mes amis et confié à sa famille qui habitait Paris. Ainsi s'explique le long retard que j'ai mis à sa publication. Les oscillogrammes originaux ayant été détériorés, je les ai remplacés par d'autres obtenus à l'Institut royal des Ingénieurs, de Delft, où j'avais eu l'occasion de démontrer quelques propriétés des systèmes déséquilibrés.

(2) André Blondel; Quelques propriétés générales des champs magnétiques tournants. *La Lumière Électrique*, 10, 17 et 24 août 1895.

(1) A. Blondel. *Synchronous Motors*, p. 264.

(2) Arnold et La Cour. *Beitrag zur Vorausbererechnung der ein und mehrphasenstrom Generatoren*, Stuttgard 1901.

Digitized by Google

Nous pouvons démontrer que, chaque fois qu'une charge est déséquilibrée, il y a lieu d'observer :

a) Une chute ou une augmentation de la tension aux bornes, c'est-à-dire un déséquilibrage des tensions entre neutre et phases, ainsi qu'entre les phases ;

b) L'apparition d'un harmonique 3 qui se superpose à la tension fondamentale.

Nous ne voulons parler que de l'harmonique 3.

Pour la chute de tension, l'harmonique 3 n'a pas une grande influence. D'autre part, on ne peut, sur un même diagramme, composer des vecteurs représentant des périodicités différentes.

Quant à l'harmonique 3, on peut mettre son existence en évidence par des développements en série de Fourier, c'est une méthode très compliquée.

La voie que nous suivrons dans ces recherches sera tout à fait différente et elle nous mènera, par un raisonnement plus simple, à des résultats nouveaux qu'il nous aurait été impossible d'obtenir par l'ancienne méthode.

But de ces recherches. — Dans ce travail; nous voulons approfondir l'étude de l'harmonique 3 par la théorie et par l'expérience.

Importance théorique du déséquilibrage. — Une étude sur la charge déséquilibrée doit apporter une contribution importante à nos connaissances sur le cas de la charge équilibrée, puisque celle-ci n'est qu'un cas particulier de la première; bien plus, la charge monophasée nous représente également un cas de déséquilibrage.

Par suite, la théorie de la génératrice à charge déséquilibrée s'appliquera aussi bien aux machines monophasées qu'aux machines triphasées; elle embrassera deux domaines que l'on traite, en général, séparément.

Ceci nous montre que, même si l'intérêt n'en était que purement théorique, de telles recherches deviennent d'une utilité générale incontestable, puisqu'elles nous conduisent à des résultats qui permettent de reconnaître la parenté de deux types de machines fréquemment en usage.

Ainsi nous pourrions établir des formules embrassant toute l'étendue de ce vaste champ. On voit par le déséquilibrage naître et puis croître des qualités que les courants équilibrés ne possédaient pas. Ces qualités atteignent leur maximum dans la charge monophasée.

Généralités sur les cas de déséquilibrage. — Il n'est pas juste de considérer le cas de l'équilibre comme le cas le plus fréquent; d'abord, l'équilibre n'est jamais parfait et, même s'il en était ainsi, il y a un grand nombre de causes qui peuvent le rompre. Chaque réseau à haute tension représente, même à vide, une charge déséquilibrée lorsque l'isolement d'un des fils s'affaiblit suffisamment. Des lampes sur un réseau triphasé peuvent aussi donner lieu à une charge déséquilibrée.

Les phases des petits moteurs triphasés possèdent, en général, la même admittance, mais il n'en est pas de même pour les moteurs asynchrones de grandes dimensions. Pour ces derniers les admittances peuvent différer sensiblement.

Ce fait a même donné lieu à une controverse assez aiguë (1), qui dénotait, de part et d'autre, une méconnaissance absolue concernant les faits qui se déroulent à charge déséquilibrée.

Le moteur monophasé à collecteur, qui commence à faire son entrée dans toutes les branches de l'industrie, provoque toujours une charge déséquilibrée, qu'il soit alimenté par un réseau triphasé ou par une génératrice monophasée ; car toute génératrice monophasée n'est, en somme, qu'une génératrice triphasée dont on a omis une phase.

Il en est de même pour les convertisseurs et les commutatrices.

De son côté le procédé Scott, employé pour transformer du courant triphasé (2) en courant diphasé, provoque aussi des charges déséquilibrées.

Des génératrices en parallèle, dont les admittances ne sont pas rigoureusement égales, donnent également lieu à de forts déséquilibrages (ce cas est spécialement dangereux, comme nous le verrons).

Conséquences fâcheuses du déséquilibrage. — Nous ne voulons pas étudier à fond les conséquences fâcheuses du déséquilibrage des tensions, mais seulement rappeler brièvement les conséquences qu'entraîne la déformation de la courbe de tension par l'harmonique 3.

Les transformateurs ont leur meilleure utilisation quand ils sont alimentés par une tension rigoureusement sinusoïdale (3), mais, comme il y a néanmoins production d'harmoniques 3 par la saturation du circuit magnétique (4), il peut y avoir une superposition dangereuse.

Les lampes à arc sont influencées (5) désavantageusement par une tension à courbe dentelée et produisent, dans ces conditions, un bruit intolérable.

Les machines synchrones aussi bien que asynchrones développent des champs parasites qui, non seulement sont inutiles puisqu'ils ne peuvent pas entrer en réaction avec les champs de l'inducteur, à cause de leur vitesse relative, mais peuvent encore nuire par les surtensions qu'ils font naître.

Un fort déséquilibrage ou un court-circuit sur la ligne provoquent le fonctionnement des disjoncteurs à maximum intercalés dans le circuit de l'inducteur, puisque l'harmonique 3 dans l'induit est toujours accompagné d'un harmonique 2 dans l'inducteur. En effet, tandis que l'harmonique 3 n'atteint que 10 à 15 pour 100 de

(1) *Elektrotechnische Zeitschrift*, 1913, p. 712.
(2) Le chemin de fer de Rotterdam à La Haye et Schéveningue utilise ce procédé.
(3) *Elektrotechnische Zeitschrift*, 1895, p. 488
(4) R. Swyngedauw. *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 12 janvier 1914.
(5) *Elektrotechnische Zeitschrift*, 1906. p. 607.

Digitized by Google

la tension normale, l'harmonique 3 dépasse souvent 100 pour 100 de la tension aux bornes de l'inducteur.

Depuis des années, on s'est efforcé de supprimer dans la tension des génératrices les harmoniques supérieurs, puisqu'on en connaissait les conséquences désastreuses en cas de résonance. Le grand progrès dans la construction de ces machines a consisté principalement dans la possibilité d'obtenir une courbe presque rigoureusement sinusoïdale. Aussi des harmoniques ayant une intensité égale à 2 ou 3 pour 100 de la tension normale sont considérés aujourd'hui comme excessifs, alors que des déséquilibrages assez faibles peuvent déjà donner naissance à un harmonique 3 de beaucoup supérieur.

De sorte que, même avec des enroulements parfaits, nous nous trouvons, en cas de déséquilibrage, dans la même situation qu'au début de la construction des alternateurs.

La résonance est à craindre même avec un enroulement parfait.

Raisons pour lesquelles on a ignoré l'existence de l'harmonique 3. — L'harmonique 3 doit être déjà d'une grandeur extraordinaire avant qu'il se manifeste sur nos appareils de mesure. Puisque les appareils ont, en général, une haute inductance, il pénètre à peine et les appareils thermiques n'enregistrent que la racine carrée de la somme des carrés, de sorte que, si nous ajoutons, par exemple, à la tension fondamentale 20 pour 100 de l'harmonique 3, les appareils n'enregistrent qu'environ 2 pour 100 en plus. Il en est de même pour les appareils statiques.

Il est donc difficile de déceler l'harmonique 3 par les appareils ordinaires de tableau ; le déséquilibrage des courants ne pourra être contrôlé qu'en insérant un ampèremètre dans chaque phase.

Les questions que nous nous sommes posées sont les suivantes :

a) Pour une combinaison de trois courants donnés, quelle est la grandeur de l'harmonique 3 ?

b) Quelles sont les combinaisons de courants qui donnent lieu à ce même harmonique 3 ?

c) Quelles sont les impédances qu'il faut intercaler dans chacune des phases pour y faire circuler trois courants donnés ?

II. **Génération de l'harmonique 3 par les champs inverses.** — Considérons une génératrice triphasée. L'induit est supposé fixe et l'inducteur, mobile. Nous pouvons exprimer les forces électromotrices de la manière suivante :

$$\left.\begin{aligned} e_1 &= E\sqrt{2}\sin\omega t,\\ e_2 &= E\sqrt{2}\sin\left(\omega t+\frac{2\pi}{3}\right),\\ e_3 &= E\sqrt{2}\sin\left(\omega t+2.\frac{2\pi}{3}\right). \end{aligned}\right\} \quad (1)$$

Si on ferme le circuit sur trois impédances différentes, ces forces électromotrices feront circuler trois courants différents

$$\left.\begin{aligned} i_1 &= I_1\sqrt{2}\sin(\omega t-\delta_1),\\ i_2 &= I_2\sqrt{2}\sin\left(\omega t-\frac{2\pi}{3}-\delta_2\right),\\ i_3 &= I_3\sqrt{2}\sin\left(\omega t-2.\frac{2\pi}{3}-\delta_3\right). \end{aligned}\right\} \quad (2)$$

Ces courants satisfont à la relation géométrique

$$I_1+I_2+I_3=0. \quad (3)$$

Nous avons démontré, dans des articles antérieurs (1), que l'induit d'une génératrice (ou d'un moteur) qui est parcouru par trois courants différents, peut être considéré comme étant la superposition dans un même induit de deux systèmes de sens contraires.

Un de ces systèmes produit un champ tournant dans le sens de celui des inducteurs et à la même vitesse (fig. 1). C'est le champ de réaction synchrone H.

En admettant que l'hystérésis et les courants de Foucault soient négligeables et que le circuit magnétique

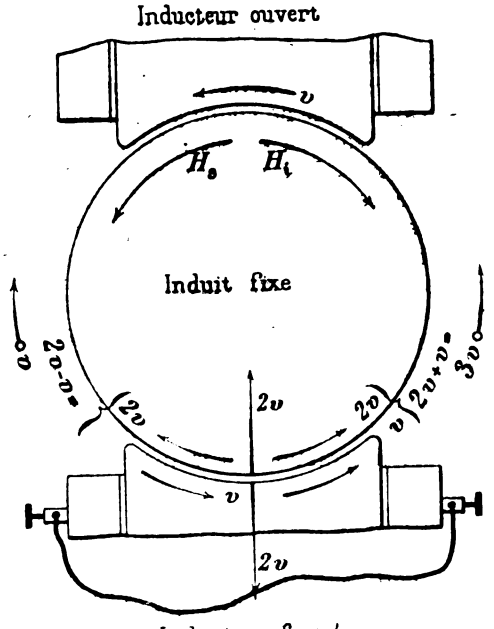


Fig. 1.

ne soit pas saturé, et en considérant seulement l'harmonique fondamental du champ, nous pouvons dire que le système synchrone fait naître un champ sinusoïdal. Ce champ se meut avec la vitesse synchrone v, dans le même sens que les inducteurs et son amplitude est proportionnelle à l'intensité du système synchrone.

(1) *Revue générale de l'Electricité*, 1er juillet 1922, t. XI, p. 957-959, et 2 septembre 1922, t. XII, p. 307-312.

Digitized by Google

Ce champ ne se distingue en rien du champ qui naît en charge équilibrée, seule son amplitude est amoindrie. On se rend facilement compte, en se reportant à la construction indiquée dans les articles précédents que le courant synchrone d'un système déséquilibré, est toujours plus petit que dans le cas de l'équilibre. Dans le cas d'un moteur, cela veut dire que le moment du couple de réaction sera diminué par le déséquilibrage.

Le champ inverse est produit par le courant inverse. Il tourne à la vitesse v en sens inverse du mouvement des inducteurs. En admettant, avec les mêmes restrictions que plus haut, la proportionnalité entre le courant et le champ, nous pouvons nous représenter la réaction inverse H_i comme dans la figure 1. En considérant la vitesse des inducteurs comme positive, nous pouvons dire que les courants I_s synchrones produisent un champ tournant avec la vitesse $+ v$ et d'amplitude $H_s = c \times I_s$, tandis que les courants I_i inverses produisent un champ tournant avec la même vitesse v, mais d'amplitude $H = c \times I_i$. Le champ réel sera la superposition de ces deux champs, de même que les trois courants réels ne sont que la superposition du courant synchrone et du courant inverse dans chaque phase.

L'on pourrait dire qu'un induit parcouru par trois courants différents produirait les mêmes champs que si on l'alimentait, d'une part, par le courant synchrone et, d'autre part par le courant inverse, (en interchangeant deux bornes pour renverser le sens de rotation).

Le champ synchrone ne coupe pas les enroulements de l'inducteur puisque sa vitesse relative par rapport à ce dernier est zéro. Par conséquent, le champ synchrone n'engendrera pas de force électromotrice dans les enroulements de l'inducteur. La seule réaction qui se manifestera sera une déformation du champ de l'inducteur que l'on trouve également dans le cas de la charge équilibrée.

Mais le champ inverse coupe les enroulements de l'inducteur avec une vitesse $2v$. Ils feront, par suite, naître dans l'inducteur une force électromotrice dont la fréquence sera double de la fréquence normale. Comme le montre l'oscillogramme de la figure 2, cette force

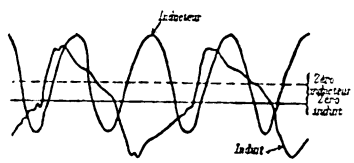


Fig. 2.

électromotrice excite dans l'enroulement inducteur un courant de même fréquence $2f$ qui se superpose au courant d'excitation ; à son tour, ce courant produit un champ pulsant de fréquence $2f$ et, comme un champ pulsant est équivalent à deux champs tournant en sens inverses l'un de l'autre, le courant alternatif de fréquence $2f$ dans l'inducteur fait naître deux champs tournants : l'un de vitesse $+ 2v$; l'autre, de vitesse $- 2v$ par rapport à l'inducteur.

Comme l'inducteur se meut avec la vitesse $+ v$ par rapport à l'induit, il en résultera finalement deux champs qui tournent par rapport à l'induit :

a) l'un avec la vitesse $+ 2v + v = + 3v$;

b) l'autre avec la vitesse $- 2v + v = - v$.

Le champ de vitesse $- v$ fera naître dans l'induit une force électromotrice de fréquence normale et ne nous intéresse plus ici. Le champ de vitesse $3v$ est l'origine de l'harmonique 3 (voir oscillogramme).

On conçoit facilement que le champ inverse de vitesse $3v$ doive être proportionnel au courant inverse, de sorte qu'en dernière analyse l'harmonique 3 doit être proportionnel au courant inverse.

Autrement dit : il existe un rapport constant entre la force électromotrice de l'harmonique 3 et le courant inverse du système.

Nous appellerons l'impédance inverse entre le point neutre et une borne de phase « impédance inverse étoilée Z_i » et l'impédance inverse entre deux bornes de phase « impédance inverse composée Z'_i ».

L'impédance inverse étoilée Z_i s'obtiendra par le rapport de la tension étoilée de l'harmonique 3, E_3, et du courant inverse I_i.

$$Z_i = \frac{E_3}{I_i}.$$

L'impédance inverse composée Z'_i s'obtiendra par le rapport de la tension composée de l'harmonique 3, E'_3, et du courant inverse I_i :

$$Z'_i = \frac{E'_3}{I_i}.$$

Nous attirons l'attention sur une particularité très intéressante de l'harmonique 3, excité par le champ inverse, qui le différencie de tout autre harmonique normalement engendré dans l'induit de la génératrice.

Les harmoniques supérieurs, dans le cas d'une charge équilibrée, proviennent de ce que le champ tournant n'est pas rigoureusement sinusoïdal et peut être considéré comme la superposition de champs sinusoïdaux dont les longueurs d'onde décroissent en progres-

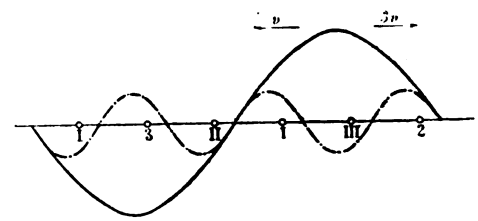


Fig. 3.

sion arithmétique. L'harmonique 3 est normalement causé par un champ qui tourne à la même vitesse que l'harmonique 1, mais qui a 3 ondes par double pas polaire au lieu d'en avoir une (fig. 3).

Digitized by Google

On sait que, dans un montage en étoile, les tensions de l'harmonique 3 engendrées dans les phases se détruisent puisque les conducteurs dans lesquels elles naissent se trouvent toujours dans le même champ. Elles sont, par suite, en opposition.

Mais le champ inverse est un champ qui possède une longueur d'onde normale, c'est-à-dire une longueur d'onde correspondant au double pas polaire et il fait naître un harmonique 3 parce que sa vitesse est le triple de la vitesse normale. L'harmonique 3 créé dans la phase 1 sera ainsi déphasé de l'angle $\frac{2\pi}{3}$ sur celle créée dans la phase 2, tandis que, dans le cas de l'harmonique 3 engendré par un champ sinusoïdal en charge équilibrée, le déphasage des harmoniques 3 des 2 phases voisines est de 2π. Le montage en étoile est donc incapable de détruire l'harmonique trois provenant du déséquilibrage ; *il est donc faux de prétendre, comme on le trouve généralement dans les ouvrages d'enseignement technique, que le montage en étoile préserve de l'harmonique trois.* L'effet est donc le même dans les deux cas, c'est-à-dire production d'un harmonique 3, mais les causes en sont différentes. Il va de soi que, par conséquent, la tension composée E'_3 de l'harmonique 3 ainsi engendré est liée à la tension entre point neutre et phase E_3 par la même relation que la tension de l'harmonique fondamentale, c'est-à-dire

$$E'_3 = E_3\sqrt{3}.$$

Nous pouvons donc écrire

$$Z'_i = \frac{E_3\sqrt{3}}{I_i}.$$

Comme nous avons appris (1) qu'en monophasé le courant inverse I_i est lié au courant I par la relation

$$I_i = \frac{I_{monophasé}}{\sqrt{3}},$$

nous pouvons dire qu'en monophasé

$$Z'_i = \frac{3E_3}{I}.$$

Comme il résulte également des articles antérieurs qu'en monophasé le courant inverse est égal au courant synchrone, il s'ensuit que le champ inverse doit être égal au champ synchrone.

La charge monophasée donne donc lieu à un champ synchrone tournant avec la vitesse $+v$ et à un champ inverse qui lui est égal, mais qui se meut en sens inverse, c'est-à-dire avec la vitesse $-v$.

III. Description des essais et des appareils. — Les essais pour la vérification des déductions des paragraphes précédents ont été faits à l'Institut électrotechnique de l'Université de Lille (1).

Nous donnons ci-dessous les principales dimensions et constantes de la génératrice :

Puissance apparente	10 kv-a
Vitesse, n	1 500 t : mn
Différence de potentiel entre bornes	190 v eff.
Nombre de paires de pôles, p	2
Rayon de la périphérie interne du stator, R	13,3 cm
Largeur axiale du stator, L	13,25 cm
Entrefer moyen, δ''	0,5 cm
Nombre d'encoches par pôle et par phase, z_0	12
Nombre de conducteurs par encoche, w	6
Nombre de spires inductrices par pôle, w_0	516
Facteur de puissance, cos φ	0,8
Fréquence normale, f	50 p : s

L'entrefer, étant de 3 mm et s'élargissant vers les bords jusqu'à 7 mm, nous avons pris pour entrefer moyen $\delta'' = 5$ mm.

La génératrice était commandée au moyen d'un accouplement souple par un moteur Schneider à excitation en dérivation. La tension normale était de 220 v; la puissance, de 15 kw.

Ce groupe était installé dans la grande salle des machines et relié au tableau de distribution et aux autres appareils qui se trouvaient dans un cabinet séparé, pour éviter les trépidations sur les instruments de précision notamment sur l'oscillographe.

Le courant du secteur à 220 v passe (fig. 4) par un ampèremètre A_1 qui mesure la consommation du moteur à vitesse constante. Les bornes A, B mènent au collecteur, tandis que les bornes C, D sont en communication avec le rhéostat de démarrage.

Le courant est amené par les bornes K, L à l'inducteur du moteur; un ampèremètre i'_m permet de lire l'intensité du courant excitateur. Une résistance variable aux bornes MN sert à régler le champ et, par suite, la vitesse.

Les trois bornes de la génératrice (1, 2, 3) ainsi que le point neutre O_3 aboutissent au tableau par quatre fusibles. Les points 1, 2, 3 sont reliés à trois interrupteurs bipolaires T_1, T_2, T_3 doubles.

Quand la manette des trois interrupteurs est relevée, les courants triphasés arrivent directement au tableau; quand la manette de l'un d'eux (T_1 par exemple) est abaissée, les deux autres manettes étant relevées (2), le courant correspondant I_1 passe par les bornes P, Q, et traverse l'ampèremètre A_2 avant d'arriver au tableau.

L'ampèremètre employé est un ampèremetre de précision (Hartmann et Braun) avec shunts.

Ce dispositif permet de mesurer les valeurs des trois

(1) A. Blondel. *Synchronous motors*, p. 264.

(1) Nous sommes heureux de remercier ici M. Swyngedauw, directeur de l'Institut Electrotechnique de Lille, pour l'obligeance avec laquelle il a bien voulu mettre les laboratoires, les appareils et les machines de l'Institut à notre disposition.

(2) Il faut éviter de baisser par mégarde deux manettes en même temps, ce qui produirait un court-circuit entre phases.

Digitized by Google

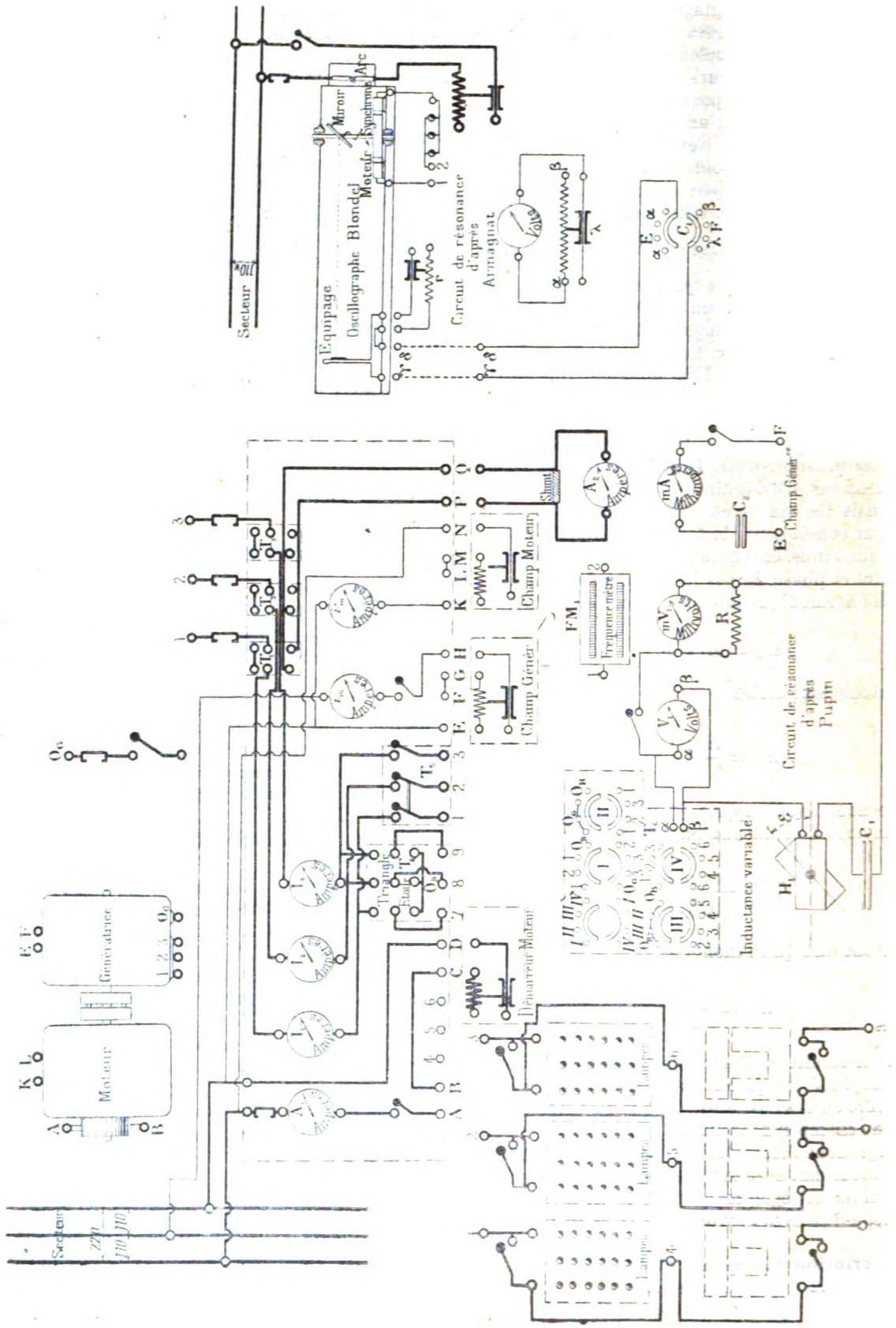


Fig. 4. — Schéma des connexions pour les essais.

Digitized by Google

courants triphasés avec un même instrument de précision.

Les courants des trois phases passent ensuite chacun par un ampèremètre (I_1, I_2, I_3) qui servent à indiquer leur intensité approximative.

De là, ils aboutissent à un interrupteur tripolaire double T_4 dont les connexions sont telles, que, selon que la manette est relevée ou abaissée, les récepteurs sont groupés en triangle ou en étoile. Dans la position baissée, les points 7, 8 et 9 sont en court-circuit et forment le point neutre, O_R, des récepteurs. Les autres bornes 1, 2 et 3 des récepteurs sont respectivement reliées aux points 1, 2, 3 du tableau.

Les trois courants peuvent être coupés par un interrupteur bipolaire simple et un interrupteur monopolaire simple T_5. On peut ainsi passer de la charge triphasée à la charge monophasée et vice versa.

La charge consiste en une série de trois tableaux de chacun 50 lampes à filament de carbone 110 V. Chaque tableau est en série avec des bobines de self-induction variable. Les lampes et les bobines d'inductance peuvent être éliminées individuellement en les mettant en court-circuit; elles supportent 4 A sous 110 V et sont divisées en deux sections associées en série ou en quantité. Le fer est lamellé comme dans les carcasses de transformateurs. La variation du flux magnétique est obtenue par la variation de l'entrefer. Cette variation se réalise en approchant ou en éloignant la partie supérieure de la carcasse au moyen d'une vis.

Par cinq commutateurs à quatre plots T_6, il est possible de mesurer toutes les tensions intéressantes par un voltmètre de précision V_1 à sensibilité variable.

Au moyen des bornes α, β, chaque tension se branche sur un circuit de résonance, formé par une bobine de self-induction variable H_1 et un condensateur C_1.

La variation de l'inductance s'obtient par variation de l'angle ε de deux bobines sans fer (modèle Carpentier), dans les limites de 0,2 à 0,7 H.

L'intensité du courant dans le circuit de résonance est mesurée par un millivoltmètre mV_1 shunté par une résistance non inductive R; c'est un instrument de précision Chauvin et Arnoux dont l'échelle s'étend jusqu'à 600 mv.

Les condensateurs C sont des condensateurs étalons de la maison Siemens.

Les bornes E, F du champ de la génératrice sont reliées à un circuit comprenant un condensateur C_2 et un milliampèremètre Chauvin et Arnoux mA_1 en série, de construction semblable à celle du millivoltmètre et à trois sensibilités 0,001, 0,01 et 0,1 A.

Pour contrôler la fréquence, nous avons fait usage d'un fréquencemètre à lames vibrantes de Hartmann et Braun FM_1 et, enfin, on avait installé un oscillographe Blondel (construction Carpentier).

Par un commutateur, les tensions α, β, c'est-à-dire toutes les tensions susceptibles d'être mesurées au voltmètre sont amenées, par le tableau T_6, sur l'équipage de l'oscillographe γ, δ. Le montage permet aussi de relever la courbe de tension de l'inducteur de la génératrice E, F.

Pour la méthode de résonance de Armagnat, on substitue l'équipage au voltmètre m V_1 et on insère une résistance non inductive entre les points α et β du circuit de résonance; un interrupteur met le voltmètre m V_1 hors circuit.

Une fraction de la tension que l'on peut régler par un curseur γ est amenée sur le commutateur C_1 et de là sur l'oscillographe.

Le moteur synchrone de l'oscillographe était alimenté par la tension $E_{1\text{-}2}$, réglée par quelques lampes que l'on pouvait mettre en parallèle.

La lampe à arc de l'oscillographe recevait le courant du secteur.

Les différents oscillogrammes ont été tous obtenus au moyen du même équipage; une résistance variable r permettait de régler la sensibilité et de fixer l'échelle.

IV. **Théorie des méthodes expérimentales (oscillographe et méthode de M. Pupin).** — Pour nous fixer sur la grandeur de Z_1, nous pouvons nous servir de toutes les méthodes expérimentales donnant les harmoniques supérieurs; mais certaines d'entre elles sont des méthodes de laboratoire et, par conséquent, d'une application difficile dans l'industrie.

Méthode de l'oscillographe. — La méthode la plus rationnelle est celle de l'oscillographe; nous avons donc fait un usage très large de cet instrument qui montre mieux que tout autre les phénomènes.

En analysant les oscillogrammes, c'est-à-dire en décomposant en séries de Fourrier les courbes de tension à différentes charges, nous pouvons obtenir des résultats très intéressants. Seulement, la décomposition en séries de Fourrier est un travail très long et exige une grande habileté dans l'analyse harmonique. En outre, si l'harmonique 3 est trop petit, les résultats deviennent incertains.

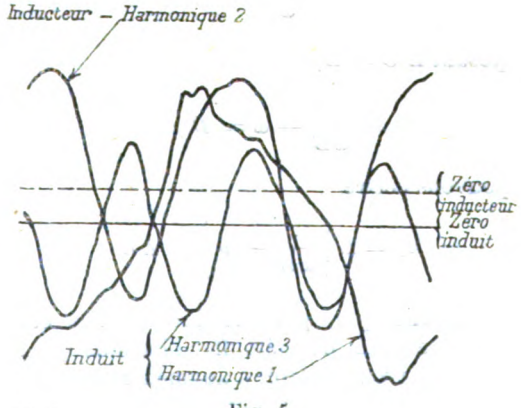


Fig. 5.

Méthode de M. Armagnat. — Nous avons fait usage de la méthode de M. Armagnat pour bien mettre en évidence les harmoniques 3, comme le prouvent les oscillogrammes de la figure 5.

Digitized by Google

Nous n'avons pas poursuivi plus loin cette méthode parce qu'elle ne nous permettrait pas de faire des mesures suffisamment exactes et qu'elle sert plutôt à la démonstration.

Méthode de M. Pupin. — Avec la méthode de M. Pupin, on peut déterminer, d'une manière purement expérimentale, l'amplitude d'un harmonique quelconque par la résonance. On sait qu'elle consiste à mesurer le courant qui passe dans un circuit constitué par une capacité et une inductance variables. En mettant en résonance la capacité et l'inductance pour la fréquence de l'harmonique à étudier, l'impédance normale est ramenée à la simple résistance ohmique contenue dans le circuit.

Soient : r cette résistance et I_3, le courant dû à la tension E_3 de l'harmonique 3. Nous avons

$$I_3 = \frac{E_3}{r}.$$

Influence de l'harmonique 1. — Mais en étudiant un harmonique déterminé, nous n'avons pas le droit de faire abstraction des autres qui font circuler, eux aussi, un courant dans le circuit considéré. En général, le courant dû à l'harmonique fondamental sera le plus important.

L'influence des harmoniques supérieurs à l'harmonique 3 est négligeable. Examinons donc l'influence du premier harmonique.

Désignons par I_1 le courant dû à cet harmonique fondamental et cherchons les conditions pour lesquelles I_1 sera négligeable vis-à-vis de I_3 au moment de la résonance.

L'impédance Z_1 pour l'harmonique d'ordre 1 se calcule (en négligeant la résistance ohmique) par la formule

$$Z_1 = \frac{1}{\omega C} - \omega L. \qquad (4)$$

En posant $L\,C = B$,

puis

$$\frac{1}{\omega B} - \omega = B', \qquad (5)$$

nous pouvons écrire

$$Z_1 = L\left\{\frac{1}{\omega B} - \omega\right\} = L\,B', \qquad (6)$$

Nous voyons que, puisque l'impédance croît en raison directe de L, pour étouffer l'harmonique fondamental, nous avons intérêt à augmenter la self-induction. Le choix de la self-induction est subordonné à certaines conditions.

La condition de résonance pour l'harmonique 3 donne

$$3^2.\omega^2 = \frac{1}{LC}. \qquad (7)$$

Nous en déduisons

$$CL = B = \frac{1}{3^2.\omega^2}. \qquad (8)$$

Par suite, le produit CL est une constante pour une fréquence donnée. En particulier, pour $f = 45$ p : s, cette constante devient $B = 1{,}385$.

Pour une valeur déterminée de B, nous pouvons choisir arbitrairement L ou C, mais pas les deux.

Nous avons vu que nous avions tout intérêt à choisir L aussi grand et, par suite, C aussi petit que possible. Mais il y a une limite de L qu'il ne faut pas dépasser si nous ne voulons pas atteindre des poids exagérés de cuivre et augmenter en même temps la résistance ohmique, ce qui aurait pour conséquence d'étouffer l'harmonique 3 (celui-ci étant inversement proportionnel à r) dans les mêmes proportions que le premier harmonique (proportionnel à Z).

La mesure sera d'autant plus exacte que l'expression $\frac{I_1}{I_3}$ sera plus petite, puisque l'ampèremètre thermique n'enregistrera que

$$I = \sqrt{I_1^2 + I_3^2} = I_3\sqrt{1 + \left(\frac{I_1}{I_3}\right)^2}. \qquad (9)$$

En posant $g\,E_1 = E_3$, nous trouvons

$$\frac{I_1}{I_3} = \frac{r}{LB_1}\cdot\frac{1}{g}. \qquad (10)$$

L'équation (10) nous apprend donc que la mesure sera d'autant plus exacte que r sera plus petit, que L sera plus grand, que g sera plus grand, B' étant une constante pour une fréquence donnée.

Admettons que la tension à analyser ne contienne que 1 pour 100 de l'harmonique 3; alors g devient 0,01 et nous obtenons, en utilisant des résultats numériques d'essais,

$$r = 14{,}50 \text{ ohms},$$
$$L = 0{,}6 \text{ henry},$$
$$B' = 2\,260 \text{ (voir équation 6)},$$
$$\frac{I_1}{I_3} = \frac{14{,}50}{0{,}6 \times 2\,260} \times \frac{1}{0{,}01} = 1{,}07.$$

L'harmonique 1 se manifeste donc autant que l'harmonique 3.

Dans le cas où $g = 0{,}1$, l'expression $\frac{I_1}{I_3}$ devient 0,107 et, d'après la formule (9), nous trouvons

$$I = I_3\sqrt{1 + \left(\frac{I_1}{I_3}\right)^2} = 1{,}02\ I_3, \quad \text{pour} \quad g = 0{,}1;$$

$$I = I_3\sqrt{1 + \left(\frac{I_1}{I_3}\right)^2} = 1{,}467\ I_3, \quad \text{pour} \quad g = 0{,}01.$$

L'erreur, dans le premier cas, est de 2 pour 100, ce

Digitized by Google

qui est tolérable; mais elle est de 46 pour 100 dans le second, ce qui donne un résultat absolument inacceptable.

Qualités de la bobine de self-induction. — Nous donnons ci-dessous les constantes caractéristiques de la bobine d'inductance que nous avons employée : résistance, 8,3 ohms; coefficient de self induction, 0,68 henry; poids de cuivre, 50 kg.

Il est très difficile d'établir une relation exacte entre la self-induction et la résistance ohmique d'une bobine. Armagnat [1]) indique, comme proportion la plus favorable pour 2 à 3 kg de cuivre,

$$\frac{r}{L} = 0{,}01\ s^{-1}.$$

Mais, même si nous consentons à sacrifier beaucoup de cuivre, nous sommes limités dans la grandeur de la self-induction par les tensions qui naissent et rendent illusoires tous les avantages d'une faible résistance ohmique.

Dangers de fortes tensions. — Supposons, pour fixer les idées, que nous voulions analyser une tension de 100 v, dus à l'harmonique 1, auxquels se superposent 10 v dus à l'harmonique 3 et posons $L = 0{,}6$ henry.

Les formules 7 et 8 nous donnent

$$C = \frac{B}{L} = \frac{1.385}{0{,}6} = 2{,}31\ \mu F. \qquad (11)$$

Pour une résistance ohmique totale de 14,50 ohms, les 10 v de l'harmonique 3 produiront un courant

$$I_3 = \frac{10}{14{,}50} = 0{,}69\ A. \qquad (12)$$

La tension E'_3 aux bornes de la capacité et celle aux bornes de l'inductance, qui lui est égale à la résonance, devient

$$E'_3 = 3\omega L I_3 = \frac{1}{3\omega C} I_3 = 3 \times 2\pi \times 45 \times 0{,}6 \times 0{,}69 = 350\ v. \qquad (13)$$

Les 10 v de l'harmonique 3 font donc naître 350 v aux bornes de la self-induction pour un courant qui est seulement 0,69 A et pour faire passer un courant de quelques ampères, la tension aux bornes de la résistance inductive s'élèvera à quelques milliers de volts.

On voit par là combien dangereuse devient la manipulation et combien difficiles et délicates deviennent les précautions à prendre.

Mais, même en faisant abstraction de ces difficultés, ce procédé ne serait pas à conseiller. En effet, la première condition à exiger d'un essai, c'est de ne pas modifier sensiblement, par les appareils de mesure, les conditions normales du phénomène à étudier et c'est ce qui se serait présenté si le courant de résonance de Pupin avait pris une intensité non négligeable vis-à-vis du courant de la génératrice. Nous sommes très limités pour les valeurs que nous pouvons donner à r ou à L; la grandeur g dépend de la nature de la courbe à étudier. Nous avons à notre disposition deux moyens pour rendre la méthode applicable : ou bien maintenir le courant de résonance à une valeur déterminée, toujours la même dans les diverses expériences, en intercalant dans le circuit de résonance une résistance auxiliaire r réglable, ou bien avoir un faible courant dans le circuit de résonance et éliminer, par le calcul, l'erreur causée par la tension de l'harmonique premier.

L'équation (12) nous indique le courant maximum, qui peut traverser le circuit de résonance sans que l'on dépasse la tension admissible aux bornes de la self-induction et de la capacité.

Méthode de Pupin a courant constant. — Supposons que E_3 soit la plus grande tension qui se présentera et I_3 le courant maximum que nous voulons admettre dans le circuit pour éviter le danger de surtension, la résistance totale du circuit de résonance ne devra pas être inférieure à

$$R = \frac{E_3}{I_3}, \qquad (14)$$

R comprenant toutes les résistances du circuit de résonance. On peut juger, avec cette valeur de R calculée, si

$$\sqrt{1 + \left(\frac{I_1}{I_3}\right)^2},$$

sera sensiblement égale à l'unité (on peut pour cela calculer I_3 par l'équation 12).

S'il en est ainsi, la formule (14) nous indique que, si I_3 garde la même valeur dans toutes les expériences, E_3 sera proportionnel à la résistance totale R intercalée dans le circuit de résonance. Dans chaque expérience, nous aurons à régler la résistance ohmique variable, de façon que l'ampèremètre indique toujours le même courant.

Ce procédé, applicable pour les faibles valeurs de g et tant que nous pouvons diminuer la résistance auxiliaire, permet de mesurer des valeurs de E_3 d'autant plus faibles que la résistance totale du circuit de résonance est plus faible, en particulier, que la résistance de la self-induction réglable est plus petite, c'est-à-dire que le poids de cuivre de la bobine est plus considérable.

Nous avons employé cette méthode pour quelques mesures; mais nous l'avons abandonnée, d'une part, à cause du grand poids de cuivre qu'elle nécessite pour la self-induction et, d'autre part, à cause de la résistance plus importante encore introduite par les capacités et dont il sera question plus loin.

C'est pour ces raisons que nous avons utilisé la méthode suivante.

Méthode de Pupin corrigée. — On intercale autant de résistance variable qu'il est nécessaire pour que les

[1]) *La Lumière électrique*, 1902, page 380.

Digitized by Google

tensions en résonance ne soient pas trop élevées.

L'ampèremètre indiquera

$$I = \sqrt{I_1^2 + I_3^2} = \sqrt{\left(\frac{E_1}{LB'}\right)^2 + \left(\frac{E_3}{R}\right)^2}, \quad (15)$$

R et B' étant connus par (6) et (14).

E_1 est égale à la tension lue sur un voltmètre thermique branché aux bornes AB (fig. 6). Etant donné

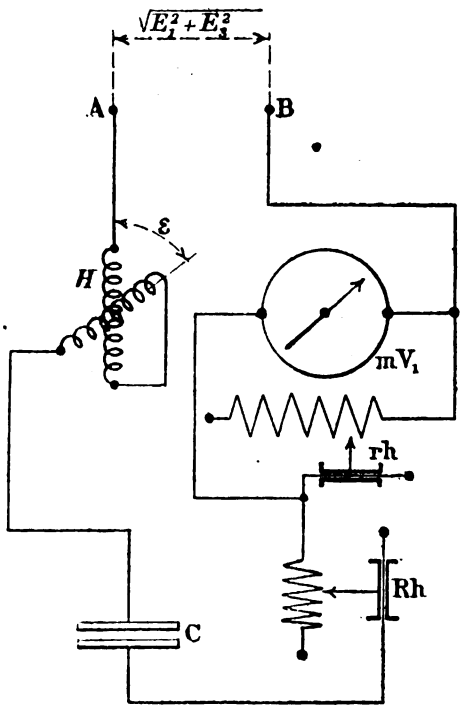


Fig. 6.

que E_3 est toujours petit vis-à-vis de E_1, cette dernière tension est connue avec une très grande approximation.

Nous trouvons alors

$$E_3 = R\sqrt{I^2 - \frac{E_1^2}{L^2B'^2}}. \quad (16)$$

Ayant obtenu ainsi E_3, nous pouvons juger si cette grandeur E_3 avait influencé sensiblement la lecture au voltmètre V_1. On peut trouver ainsi pour E_1 une valeur plus approchée E'_1 par la relation

$$E = \sqrt{E_1'^2 + E_3^2}. \quad (17)$$

On procédera par une série d'approximations successives analogues, mais, dans la majorité des cas, la première approximation donne un résultat suffisamment exact.

Influence de la composante ohmique de la tension de la capacité. — La dissipation d'énergie dans une capacité chargée à une tension alternative nécessite un courant watté qui correspond à une résistance ohmique dont la valeur est loin d'être négligeable, car elle équivaut, souvent, à l'ensemble de toutes les autres résistances.

En général, par une mesure wattmètrique, on détermine la composante ohmique du courant de capacité. Comme, dans le cas qui nous intéresse spécialement, la périodicité est $3f$, il nous faudrait ou bien disposer d'une tension de pé.iodicité $3f$, ce qui se présentera rarement, ou bien déduire la résistance par une mesure wattmétrique faite à la fréquence f, ce qui peut devenir une source d'erreur. Mais même les mesures wattmétriques n'offrent aucune précision pour la détermination de cette résistance, comme le prouveront nos mesures.

La méthode suivante donne des résultats très satisfaisants et on pourra l'appliquer, en général, pour obtenir avec une grande précision la résistance ohmique d'une capacité.

Mettons la capacité à mesurer en résonance pour la fréquence voulue avec une bobine de self induction.

Soit r_x la composante ohmique cherchée; r, la résistance de la bobine employée E, la grandeur de la tension due à l'harmonique considéré et I, le courant observé.

Nous avons

$$E = I(r_x + r_1). \quad (18)$$

Comme E ne nous est pas connue, nous l'éliminons par plusieurs mesures dans lesquelles nous la maintenons constante.

Intercalons dans le circuit successivement des résistances R_1 et R_2 et soient I_1 et I_2 les courants correspondants; on a

$$I_1(r_x + r_1 + R_1) = I_2(r_x + r_1 + R_2): \quad (19)$$

d'où on peut déduire r_x.

Influence de la fréquence. — Proposons-nous d'étudier l'influence d'une résonance imparfaite sur les résultats obtenus. Cette étude est très intéressante, surtout si l'on ne dispose pas d'une inductance variable.

D'après la formule (8), on a

$$CL = B = \varphi(f^2),$$

Les intensités des courants sont données par les relations

$$I_3 = \frac{E_3}{\sqrt{r^2 + \left\{\frac{1}{3\omega C} - 3\omega L\right\}^2}} = \frac{E_3}{Z_3}. \quad (20)$$

$$I_1 = \frac{E_3}{g\sqrt{r^2 + \left\{\frac{1}{\omega C} - \omega L\right\}^2}} = \frac{E_3}{gZ_1}. \quad (21)$$

Digitized by Google

en posant $$Z_2 = \sqrt{r^2 + \left\{\frac{1}{3\omega C} - 3\omega L\right\}^2}, \qquad (22)$$

et $$Z_1 = \sqrt{r^2 + \left\{\frac{1}{\omega C} - \omega L\right\}^2}. \qquad (23)$$

Nous pourrions discuter ces formules et voir ce que devient le courant quand on fait varier soit L, soit C; mais la discussion étant assez malaisée, nous préférons montrer directement l'influence de f en prenant des valeurs déterminées pour les autres grandeurs.

Soit comme précédemment

$C = 2,31$ µF, $L = 0,6$ henry, $r = 14,50$ ohms,

nous obtenons les résultats réunis dans le tableau suivant

$f =$	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
$Z_1 =$	1 575	1 546	1 487	1 405	1 366	1 366	1 327	1 293	1 260	1 226	1 192
$Z_3 =$	121	106	72	50	29	14,50	26	37	67	88	108

Ces résultats nous prouvent nettement qu'un réglage est nécessaire, soit par variation de l'inductance, soit par variation de la périodicité.

Conclusions. — En résumé, on peut dire de la méthode de M. Pupin que son application pure et simple se heurte à beaucoup de difficultés :

a) Grand poids de cuivre;

b) Forte répercussion, sur la résonance, d'une faible variation de la fréquence;

c) Nécessité de l'emploi d'un milliampèremètre;

d) Surtension trop élevée aux bornes de la capacité.

En général, il faudra la modifier suivant le cas, de façon à la rendre applicable.

(A suivre)

L.-G. Stokvis,
Docteur-ingénieur

Revues, analyses et informations

Sur les spectres de rayons X et la théorie de la structure atomique (1).

D'après la théorie des spectres de Bohr, les fréquences des lignes dans le spectre de rayons X d'un élément peuvent être représentées par la différence de deux termes qui correspondent aux énergies de l'atome avant et après l'émission. Suivant la notation originale de Barkla pour les différents genres de radiations X caractéristiques, les divers groupes de niveaux d'énergie, dont on peut déduire l'existence de l'étude des spectres de rayons X, sont désignés d'ordinaire par les lettres K, L, M, N,... Comme Kossel l'a indiqué, ces niveaux peuvent être supposés liés avec les différents groupes d'électrons de l'atome, de sorte que les divers termes d'énergie correspondent au travail nécessaire pour l'enlèvement d'un électron de l'un de ces groupes. C'est pourquoi les divers groupes d'électrons sont souvent désignés sous le nom de couches K, L, M, N,... Cette interprétation des niveaux apporte une explication des lois qui régissent l'absorption dans la région des rayons X : il est bien connu que cette absorption n'est pas liée avec les lignes isolées dans le spectre, mais s'étend sur des régions spectrales qui sont nettement délimitées par ce qu'on appelle les arêtes d'absorption, dont les fréquences correspondent aux énergies des niveaux considérés. Selon les différentes façons suivant lesquelles l'enlèvement d'un électron d'une couche peut se produire, on obtient plusieurs niveaux pour chaque couche.

Comme il a été indiqué par Sommerfeld, une partie de cette complexité dans les groupes de niveaux peut être reliée à la complexité de l'ensemble des états stationnaires de l'atome d'hydrogène. D'après la théorie que fit Sommerfeld de la fine structure des lignes de l'hydrogène, les états stationnaires d'un atome contenant un électron sont caractérisés par deux nombres de quanta. Un de ces nombres, que nous appellerons le nombre total de quanta n, est le même que celui qui se présente dans l'interprétation, due à Bohr, de la formule simple représentant le spectre de l'hydrogène. L'autre nombre, appelé nombre azimuthal de quanta, détermine la valeur du moment angulaire de l'électron autour du noyau; il sera représenté par k.

Dans ses récentes publications, Bohr a émis une théorie de la structure atomique qui contient certains nouveaux traits essentiels et qui semble donner une interprétation naturelle du système périodique, tout en offrant en même temps une explication des résultats de Kossel et de Sommerfeld sur le spectre de rayons X. D'après cette théorie, les orbites des électrons dans les différents groupes de l'atome sont caractérisées par des nombres totaux différents de quanta, ce nombre étant égal à 1 pour le groupe le plus profond (couche K), à 2 pour le groupe suivant (couche L), etc., en accroissant chaque fois le nombre d'une unité jusqu'à atteindre la surface de l'atome. Dans chaque groupe, les

(1) D. Coster, *Philosophical Magazine*, juin 1922, t. XLIII, p. 1070-1107, 10 500 mots, 7 fig., 12 tab.

Digitized by Google

électrons sont à nouveau divisés en sous-groupes, correspondant aux différents types d'orbites, et caractérisés par différentes valeurs de k. La table suivante permet une vue d'ensemble de ces groupes et sous-groupes, pour des nombres atomiques croissants, et en prenant pour exemples les atomes des gaz inertes :

ÉLÉMENTS ET NOMBRES ATOMIQUES	NOMBRE D'ÉLECTRONS DANS L'ORBITE n_k																			
	1_1	2_1	2_2	3_1	3_2	3_3	4_1	4_2	4_3	4_4	5_1	5_2	5_3	5_4	5_5	6_1	6_2	6_3	6_4	6_5	6_6
Hélium..... 2	2																				
Néon..... 10	2	4	4																		
Argon..... 18	2	4	4	4	4	—															
Krypton..... 36	2	4	4	6	6	6	4	4	—	—											
Xénon..... 54	2	4	4	6	6	6	6	6	6	—	4	4	—	—	—						
Niton..... 86	2	4	4	6	6	6	8	8	8	8	6	6	6	—	—	4	4	—	—	—	—

Dans ses précédents mémoires, l'auteur a pu montrer que presque toutes les lignes des spectres de rayons X des éléments plus lourds peuvent être disposées suivant un schéma simple, comprenant l'existence d'un niveau K, de trois niveaux L, de cinq niveaux M, et sept niveaux N, et que, en poursuivant le travail de Sommerfeld, il est possible de caractériser chaque niveau d'une façon définie au moyen de deux nombres de quanta n et k. En outre, l'apparition des lignes de rayons X observées a été trouvée régie par deux simples « règles de sélection ». D'après la première règle, il se produit seulement ces combinaisons entre deux niveaux pour lesquelles le nombre de quanta k reste inaltéré, ou change d'une unité. La seconde règle établit que les niveaux peuvent être divisés en deux types, les niveaux a et les niveaux b, de telle sorte que chaque ligne observée apparaît comme une combinaison d'un niveau a et d'un niveau b, tandis que des combinaisons de deux niveaux a ou de deux niveaux b ne se produisent pas. On verra que, en conséquence de la dernière règle, on n'observe jamais de lignes, dont les fréquences soient la somme ou la différence exacte des fréquences de deux autres lignes. Une illustration de cette classification des spectres de rayons X est donnée dans le diagramme I relatif au niton, et qui est basé sur des mesures relatives à des éléments dont le numéro atomique précède ou suit celui du niton (86).

Comparant ce diagramme avec le tableau précédent représentant les résultats de la théorie de Bohr, on voit qu'il a été possible de caractériser les niveaux par les mêmes nombres de quanta que ceux qui, dans l'atome de niton, caractérisent les différents groupes et sous-groupes. On peut maintenant supposer que l'existence des niveaux indiqués dans le diagramme I est reliée à l'apparition des divers sous-groupes d'électrons dans l'atome. En outre, on peut supposer que, dans les cas où il y a plus d'un niveau qui soit caractérisé par un nombre déterminé de quanta, on assiste à différents processus d'enlèvement d'un électron du même sous-groupe, les électrons restant dans le groupe s'arrangeant ensuite d'eux-mêmes de différentes façons.

Ces conclusions se confirment fortement en examinant la façon dont les différences d'énergie des niveaux correspondant à diverses valeurs de n et k varient avec le numéro atomique N de l'élément. Les considérations en question reposent sur une comparaison avec la théorie des états stationnaires d'un atome formé d'un seul électron tournant autour d'un noyau positif. Dans la première approximation, où le mouvement de l'électron est calculé selon la mécanique newtonienne, l'énergie nécessaire pour écarter l'électron de l'un de ces états jusqu'à l'infini dépend seulement du nombre total n de quanta. Cette énergie est donnée par la formule de Bohr

$$W = N^2 \frac{hcR}{n^2}, \qquad (1)$$

où N est le nombre de charges unité portées par le noyau ; h, la constante de Planck ; c, la vitesse de la lumière ; R, la constante de Rydberg, dont la valeur théorique est donnée par la relation

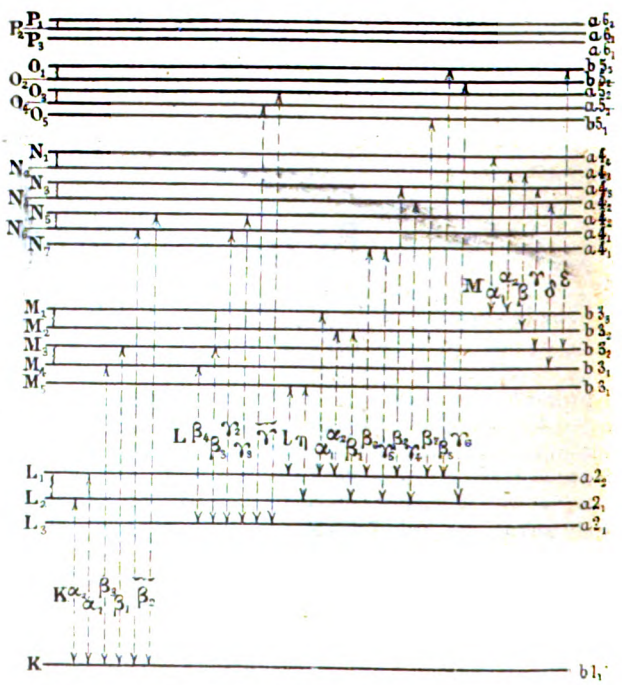


Diagramme I. — Fréquences données par les rayons X dans le niton.

$$R = \frac{2\pi^2 e^4 m}{h^3 c} = 109\,737 \text{ (nombre d'ondes au cm)},$$

où e est la charge de l'électron et m, sa masse, pour des vitesses petites par rapport à celle de la lumière.

Si on prend en considération la variation de la masse avec la vitesse, qui résulte de la théorie de la relativité, l'énergie nécessaire pour écarter un électron d'un de ses états station-

Digitized by Google

naires est donnée en première approximation par la formule de Sommerfeld

$$W = \frac{N^2 h c R}{n^2} + \frac{N^4 h c R \alpha}{n^4}\left(\frac{n}{k} - \frac{3}{4}\right), \qquad (2)$$

où k est le nombre de quanta azimuthaux et α, une constante numérique, très inférieure à l'unité, et ayant pour valeur théorique

$$\alpha = \left(\frac{2\pi e^2}{hc}\right)^2 = 5{,}30.10^{-5}.$$

La formule (1) donne une interprétation des lois générales qui ont été révélées par les découvertes fondamentales de Moseley. Selon ces lois, les énergies des niveaux observés sont très sensiblement proportionnelles au carré du numéro atomique, les énergies des niveaux K, L et M étant approximativement représentées par les formules

$$W_K = Rhc\,(N - a_K)^2, \quad W_L = \frac{Rhc\,(N - a_L)^2}{4},$$

$$W_M = \frac{Rhc\,(N - a_M)^2}{9}, \qquad (3)$$

où a_K, a_L, a_N sont des constantes qui diffèrent d'un niveau à l'autre. L'apparition de ces constantes s'explique simplement en prenant en considération l'interaction des électrons dans l'atome; le principal effet de ces actions est de réduire l'influence attractive du noyau sur l'électron considéré.

La formule (2) permet d'expliquer cette circonstance que certaines paires de niveaux d'énergie correspondant à la même valeur de n varient très sensiblement comme la quatrième puissance du nombre atomique. D'après la notation de Sommerfeld, on peut appeler de telles paires de niveaux des « doublets de relativité ». Dans les diagrammes, les niveaux d'une paire sont réunis par une accolade.

Comme il a été établi plus haut, pour les niveaux ayant les mêmes valeurs de n et de k, on doit s'attendre à ce que des différences dans l'énergie nécessaire à l'enlèvement d'un électron de l'atome se produisent selon les différentes orientations des orbites des électrons restant dans le groupe considéré.

Quoi qu'il subsiste encore dans ce domaine quelques difficultés, on peut dire que les spectres de rayons X sont construits d'une façon simple, et qu'il existe beaucoup d'analogies entre ces spectres et les spectres de séries de la région visible. Il y a aussi, cependant, quelques différences frappantes. Elles n'ont du reste rien de surprenant, en raison des différences fondamentales qui existent entre les origines des deux sortes de spectres. Dans l'émission du spectre optique, on a affaire avec le changement du mouvement d'un électron dont l'orbite est caractérisée par un nombre de quanta plus élevé que les orbites des autres électrons de l'atome. Dans l'émission du spectre de rayons X, au contraire, on rencontre un changement de mouvement d'un électron qui doit être en interaction intime avec les électrons de la même couche se mouvant suivant des orbites possédant les mêmes nombres de quanta.

L'auteur consacre la suite de son mémoire au compte rendu des expériences qu'il a faites pour étudier la série L dans les spectres de rayons X des éléments allant du rubidium au baryum. Laissons de côté les détails expérimentaux, qui allongeraient démesurément cette analyse, et arrivons aux résultats obtenus. L'objet de ces expériences était de comparer les changements dans le spectre de rayons X caractéristique lorsque le numéro atomique décroît, avec les changements

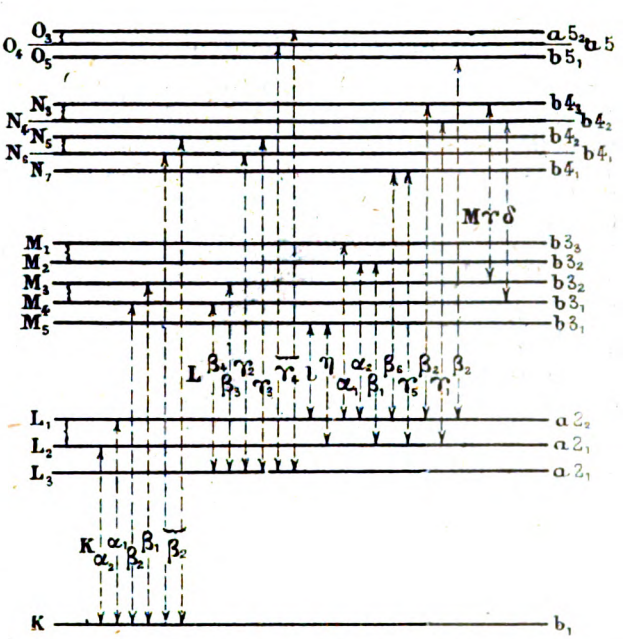


Diagramme II. — Fréquences données par les rayons X dans le xénon.

de structure de l'atome résultant de la théorie de Bohr. Dans ce but, l'auteur considère les diagrammes des niveaux d'énergie des gaz inertes, qui sont basés sur des mesures des

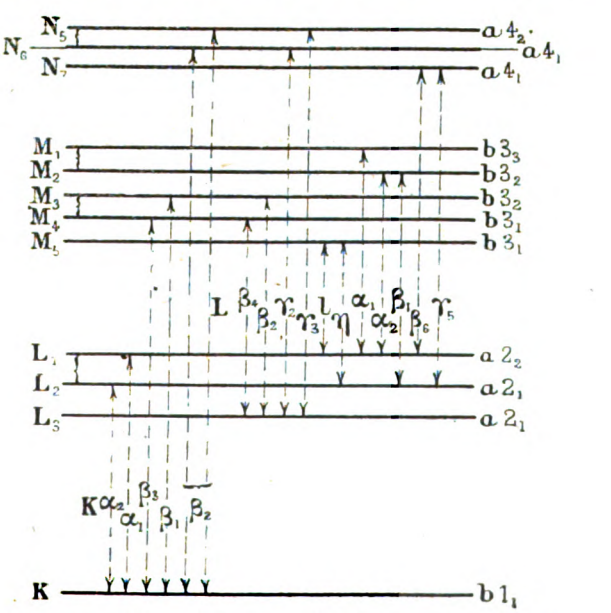


Diagramme III. — Fréquences données par les rayons X dans le krypton.

éléments précédant et suivant chaque gaz inerte dans la table périodique. Pour le niton, le diagramme a déjà été donné plus haut. Les diagrammes II et III qui suivent sont

Digitized by Google

les résultats mêmes de la partie expérimentale du présent mémoire.

Il est à remarquer que dans l'ensemble, ces mesures apportent une série de confirmations à la théorie de Bohr. — L. B.

Un nouveau redresseur (1).

Le nouveau redresseur dont il s'agit consiste en une paire d'électrodes entourées de gaz à une pression moyenne, la conduction entre les électrodes étant réglée par un champ magnétique. Les électrodes peuvent être toutes les deux froides, puisque l'émission thermoionique n'est pas utilisée. La seule limite de l'intensité du courant produit est celle qui est imposée par l'échauffement dû aux pertes. Le dispositif employé convient bien aux hautes tensions et a une très longue durée.

La conduction gazeuse entre deux électrodes placées dans un gaz à basse pression se traduit par des effets variables, surtout si les électrodes sont très éloignées. Le problème consistait donc à assurer le contrôle de cette conduction.

La conduction entre deux électrodes très éloignées est due à l'ionisation par choc, si l'on suppose que les électrodes demeurent suffisamment froides pour empêcher les effets dus à l'émission thermoionique ou à la vaporisation du métal. Dans un gaz, il se produit toujours une certaine ionisation spontanée et, sous l'action d'un gradient de potentiel suffisamment élevé, le nombre d'ions augmente rapidement: la vitesse atteinte par les électrons libérés devient, en effet, suffisante pour que, de leur collision avec les molécules neutres, résultent de nouveaux électrons. Le phénomène continue ainsi jusqu'à ce qu'il passe suffisamment de courant pour réduire le potentiel entre les électrodes à une valeur déterminée qui dépend de plusieurs facteurs.

Pour produire la conduction gazeuse, il faut donc la réunion de deux facteurs : premièrement, un gradient de potentiel suffisant pour amorcer l'ionisation ; secondement, une distance suffisante entre les électrodes pour que le choc puisse se produire.

Si les deux électrodes sont placées de telle sorte que leur distance soit inférieure au trajet libre moyen d'un électron dans le gaz et s'il n'existe aucun champ magnétique, il ne pourra pas se produire de conduction gazeuse entre ces électrodes, quelle que soit la différence de potentiel employée. L'ionisation par choc ne peut pas augmenter, car, dans la grande majorité des cas, un électron libéré spontanément tombe sur l'anode sans avoir heurté de molécule neutre. L'espace entre les deux électrodes demeure ainsi exempt d'ions et d'électrons libres.

La conduction qui se produit du fait de la formation spontanée d'ions est extrêmement minime: elle est du même genre que celle que l'on constate entre les électrodes dans l'air à la pression atmosphérique et à des potentiels inférieurs au point de la formation corona, conduction qui ne peut être détectée qu'avec beaucoup de difficulté.

Il suffit, en fait, pour empêcher la conduction, que toutes les lignes de force électrostatique entre les électrodes soient courtes en comparaison du trajet libre moyen de l'électron, ou qu'elles soient interrompues par un corps isolé capable d'accumuler une charge.

Le tube de la figure 1 pourra être conducteur pour un potentiel relativement faible, si on le remplit, par exemple, d'hydrogène à une pression de 0,1 mm, même si la distance

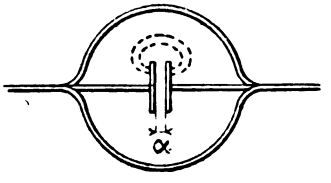


Fig. 1.

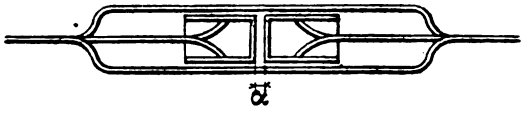


Fig. 2.

de séparation x est de beaucoup inférieure au trajet libre moyen d'un électron. La conduction se produira suivant les lignes représentées en pointillé.

Mais un tube tel que celui de la figure 2 ne conduira pas, car les seules lignes le long desquelles pourrait se déplacer un électron sont interrompues par les parois de verre qui accumuleront une charge et réduiront le gradient dans le gaz à une faible valeur.

Un tel tube, construit avec des électrodes parfaitement propres, ne laissera pas passer un microampère sous une différence de potentiel de 10 000 v. Pour le rendre conducteur, il suffira d'appliquer un champ magnétique convenable dans une direction perpendiculaire aux lignes de forces électrostatiques. En effet, si l'on fait agir un champ magnétique sur un électron se déplaçant dans le court intervalle qui sépare deux électrodes, la trajectoire de l'électron prend une forme courbe et est, par suite, allongée. En outre, l'augmentation de longueur de la trajectoire d'un électron qui part de la cathode est graduelle, jusqu'à une certaine valeur du champ magnétique, au delà de laquelle cette augmentation est très brusque. Cette augmentation subite se produit quand la courbure de la trajectoire est telle que l'électron tombe complètement en dehors de l'électrode opposée.

Le champ magnétique nécessaire pour que l'électron manque ainsi l'électrode opposée est facile à calculer. Sa valeur dépend du potentiel E entre les électrodes, de leur écartement x, et du rapport des charges de l'électron à sa masse m.

$$H = \frac{1}{x}\sqrt{\frac{2Em}{e}}.$$

Si E est exprimé en volts et x en centimètres, on peut écrire

$$H = \frac{3,35\sqrt{E}}{x} \text{ gauss},$$

où H est l'intensité du champ critique.

Construisons maintenant un tube droit tel que la distance entre les électrodes soit trop courte pour produire l'ionisa-

(1) Bush et C.-G. Smith. *The Wireless World and Radio-Review*, 2 septembre 1922, t. X, p. 726-729, 1 000 mots, 6 fig.

Digitized by Google

tion, mais telle que la trajectoire d'un électron puisse venir passer au-dessus de l'électrode opposée. Appliquons un champ magnétique à ce tube parallèlement à la surface de l'électrode, Quand ce champ atteindra une intensité égale ou supérieure à la valeur critique, le tube deviendra subitement conducteur. Les électrons suivront de longues trajectoires et produiront l'ionisation par choc. Les ions positifs ainsi formés tombant sur la cathode y provoquent une émission secondaire d'électrons à la surface. Les nouveaux électrons suivent également de longues trajectoires et à leur tour forment de nouveaux ions. Puisqu'un seul ion peut rencontrer plusieurs électrons venant de la cathode et que chaque électron peut libérer plusieurs ions, il s'ensuit une décharge qui n'est limitée que par le circuit extérieur.

On peut remarquer, en passant, que ce phénomène fournit une méthode simple pour obtenir expérimentalement la valeur de $\frac{e}{m}$.

Il suffira donc, pour construire un redresseur basé sur le principe que nous venons d'indiquer, de prendre un tube à trajectoire courte, de lui appliquer un champ alternatif et un champ uni-directionnel superposés.

En réglant le champ de telle façon que, pendant une demi-période, le tube soit conducteur et qu'il ne le soit plus pendant la demi-période suivante, le tube redressera complètement.

Il vaut mieux, d'ailleurs, employer des électrodes courbes au lieu d'électrodes planes, car alors un aimant permanent peut être utilisé pour fournir le champ uni-directionnel et l'on peut se dispenser du champ alternatif.

Si l'on emploie des cylindres concentriques pour les électrodes, un champ axial d'intensité convenable rendra le tube conducteur. On démontre, cependant, que l'intensité du champ critique diffère pour les deux directions; les intensités critiques dans les deux directions sont inversement proportionnelles aux diamètres des cylindres

$$\frac{H_h}{H_g} = \frac{g}{h}.$$

Un tube muni d'électrodes cylindriques et parcouru par un champ permanent axial intermédiaire entre ces deux champs critiques, conduira donc le courant dans une direction et pas dans l'autre. On obtient ainsi un redresseur des plus simples.

Les gaz inertes monoatomiques sont préférables pour remplir ces tubes, à cause de leur très faible action chimique et de leur faible chute de potentiel. En employant de l'hélium et des électrodes en aluminium, la chute de potentiel dans le tube est d'environ 150 v. Dans ces conditions la détérioration des électrodes est très légère en fonctionnement normal.

Puisque le refroidissement des électrodes se produit surtout par suite de la conductivité calorifique du gaz, il n'est pas nécessaire de faire fonctionner les électrodes à des températures très élevées. C'est ainsi qu'un tube de 17,8 cm de longueur pourra fournir 230 milliampères de façon continue, les électrodes demeurant bien au-dessous du rouge sombre.

La puissance fournie dépend, bien entendu, de la tension à redresser. A 4000 v, un courant de 250 milliampères représente un débit de 1 kw. On peut envoyer plusieurs ampères dans un tel tube, pendant une courte période de temps. — G. M.

Sur les forces exercées par le rayonnement électromagnétique [1].

L'article est un exposé général des travaux effectués depuis 1905 sur la pression de radiation; l'auteur ne revient pas sur les expériences et théories antérieures à cette date, deux mises au point ayant été faites alors, dans le même journal (Hasenöhrl et Lebdew). Une bibliographie de 48 mémoires y est donnée. Cet exposé est divisé en trois parties.

I. Partie théorique. — 1. *Principes fondamentaux.* — M. Abraham a établi le théorème de l'impulsion électromagnétique. L'énergie étant pesante, au point de vue relativité, les effets pondéromoteurs du rayonnement ne sont pas autre chose que les effets d'inertie de l'énergie.

Pour des ondes planes, la densité de la quantité de mouvement est

$$g = \frac{1}{4\pi c} |\mathcal{E}\mathcal{H}|.$$

La variation donne la force; la réaction fournit l'effet de recul subit par le corps rayonnant.

Pour des ondes plus compliquées, on utilise les tensions de Maxwell et on intègre, non sur la surface du corps où le champ suit une loi compliquée, mais sur une surface tracée dans le vide et entourant le corps, et choisie à volonté (le résultat est indépendant de la surface).

On calcule ainsi les forces de radiation sans rien préjuger de leur nature. On peut aussi les considérer comme résultant de l'effet du champ électromagnétique sur les charges élémentaires de la matière. Le calcul peut être fait dans quelques cas particuliers (Meiszner, Planck).

2. *Problèmes où la diffraction peut être négligée.* — Pour une réfraction oblique, la pression est normale à l'entrée et à la sortie, d'où un couple (Barlow).

3. *Problèmes où la diffraction joue un rôle.* Debye calcule l'effet d'une onde plane sur des sphères de nature différente, grâce à une méthode indiquée par Mie. L'auteur admet ses formules et les discute dans quelques cas particuliers (corps parfaitement réfléchissant, absorbant, diélectrique). Pour un corps parfaitement réfléchissant, on peut comparer la pression de radiation et la gravitation près du soleil. On trouve (densité 1) une série de diamètres des sphères pour lesquels la pression P surpasse la pesanteur G (0,05 à 1,5 μ).

Si a est le rayon de la sphère, u la densité de l'énergie, en posant $\rho = \frac{2\pi a}{\lambda}$ et $w = \pi a^2 u$, on obtient l'expression limite de P pour ρ petit $\frac{P}{w} = \frac{14}{3}\rho^4$ pour un corps parfaitement réfléchissant; expression analogue pour une sphère diélectrique; au contraire $\frac{P}{w}$ est proportionnel à ρ pour une sphère.

4. *Force exercée sur un modèle atomique donné par une onde plane.* — Hasenöhrl, Einstein, etc., calculent la force pour un oscillateur de Planck; on en tire la force sur un électron (Page). On ne possède aucun résultat pour l'atome de Bohr (la durée de l'émission n'est pas connue).

[1] W.-H. Westphal. *Jahrbuch der Radioaktivitat and Elektrotechnik*, 1921, t. XVIII, p. 81-133, 16 000 mots.

Digitized by Google

5. *Forces de radiation sur des corps en mouvement.* — Le principe de relativité permet le calcul. Comme exemple, l'auteur calcule la force qu'une onde plane exerce sur une sphère (absorbante, réfléchissante, etc.) dans le cas où il n'y a pas diffraction (a grand).

Hasenöhrl calcule la pression du rayonnement noir sur un plan ou une sphère parfaitement réfléchissante ; Einstein et Hoff la force sur un oscillateur en mouvement dans un champ de rayonnement. Inversement Fokker calcule l'énergie de rotation d'un corps réfléchissant dans le rayonnement noir ; il trouve $0{,}0417\ \frac{kT}{2}$ au lieu de $\frac{kT}{2}$ par degré de liberté.

6. *Impulsion de rotation due à la radiation.* — Un « dipol » oscillant a, en général, sauf pour l'oscillation linéaire, un moment de rotation. M. Abraham a calculé l'impulsion correspondante, c'est

$$y = \frac{e^2}{2\pi c^3 r^2}\,(\bar{r}\cdot\bar{r})\,(\bar{r}\cdot\dot{\bar{r}})$$

où $\bar{v}$ est la vitesse de l'électron. On en déduit que, dans la direction de propagtion, l'impulsion est nulle si la vibration est exactement transversale ; elle est maximum dans le plan de l'orbite.

Rubinowicz a déduit (1918), du théorème de conservation de l'impulsion, une règle de polarisation et son *principe de sélection* pour les spectres de raies. Pour les atomes analogues à *H*, en l'absence d'un champ extérieur, le nombre azimutal de quanta ne peut varier que de 0 ou $\pm$ 1 (vibration linéaire ou circulaire), le plan de l'orbite restant invariable pendant l'émission. Pour les autres atomes, les résultats sont plus compliqués.

Poynting, puis Schapeschnikow, ont cru démontrer qu'une onde plane polarisée circulairement communiquait une impulsion de rotation à un corps absorbant. L'auteur montre où leur raisonnement est en défaut.

Sadowky, M. Abraham et Epatein, démontrent qu'une onde polarisée linéairement doit imprimer une impulsion de rotation à un corps biréfringent.

Les impulsions ainsi obtenues sont inaccessibles à l'expérience. Seuls les résultats de Rubinowicz sont des confirmations de ces recherches.

II. Partie expérimentale. — 7. *Composante normale de la pression de radiation.* — Aucune mesure plus précise que celles de Lebedew, Nichols et Hull, n'est à signaler. Saha et Chakravarti (1918) ont effectué des mesures provisoires où ils trouvent l'ordre de grandeur de la pression. Westphal a signalé que le maximum de l'effet radiométrique doit se produire à des pressions plus élevées si on réduit les dimensions de l'appareil.

8. *Composante tangentielle.* — Elle doit être maximum pour une réflexion à 45° sur une surface absorbante : Poynting et Barlow ont démontré expérimentalement son existence.

9. *Pression par réflexion et réfraction sur les milieux isotropes.* — Poynting et Barlow, puis Barlow, ont vérifié l'existence d'une pression par réflexion totale et d'un couple pour une lame à faces parallèles ; dans ces deux cas, l'objection des forces radiométriques disparaît.

10. *Réaction du rayonnement.* — Vérifiée par Poynting et Barlow (1910).

11. *Photophorèse.* — Ehrenhaft (1914-1918) étudie des particules métalliques, fumées, etc., sous le microscope, dans l'azote pur, à des pressions de 16 à 760 mm. Un faisceau intense forme son foyer dans le gaz (énergie 2,3.10^{-2} erg : cm^3) ; les particules se meuvent sous l'action de la lumière ; le mouvement a lieu quelquefois en sens inverse (photophorèse négative). Epstein (1919) interprète celle-ci comme un effet radiométrique ; les travaux postérieurs (Rubinowicz, Westphal) confirment cette idée. L'effet positif est bien dû à la pression de radiation. D'après Debye, pour des particules d'argent ($a = 9{,}8.10^{-6}$ cm), on devrait avoir $\frac{F}{W} = 3{,}3$. Ehrenhaft trouve exactement ce résultat. Les forces observées sont de l'ordre de 10^{-10} à 10^{-11} dyne. L'auteur considère ces expériences comme fort intéressantes, mais fait quelques réserves sur l'utilisation de l'appareil comme bolomètre absolu.

12. *Pression sur des molécules gazeuses.* — Recherches de Labedew (1910) ; la pression est une conséquence de l'absorption.

III. Influence de la pression de radiation sur les phénomènes cosmiques. — 13. *Mouvement d'une sphère autour du soleil sous l'effet de la gravitation et de la pression de radiation.* — Le problème a déjà été traité par Poynting en 1904 : le calcul un peu inexact, est repris par l'auteur sur une base relativiste ; il trouve un mouvement de périhélie et une diminution progressive de l'excentricité. L'effet est d'ailleurs insuffisant pour expliquer le mouvement de la comète d'Encke (Plummer), Russell a montré, en 1921, que la pression de radiation ne suffit pas à expliquer certains mouvements propres des nébuleuses spirales.

14. *Equilibre de rayonnement des étoiles.* — Eddington a remarqué, dans ses études de 1916 à 1918, que, à la température des étoiles, la pression de radiation n'est pas négligeable vis-à-vis de la pression gazeuse ; l'auteur résume sa théorie de l'équilibre des étoiles fixes : la densité de l'astre est diminuée, la pression de radiation compense d'autant plus la gravitation que la masse de l'étoile est plus élevée, etc. La théorie est en bonne concordance avec les résultats d'astrophysique relatifs à la masse des étoiles, leur température, etc.

Les mêmes phénomènes doivent être pris en considération dans le soleil. Par exemple, avec le modèle de Bohr, on prévoit que les éléments ayant leurs périodes propres voisines de celle du maximum d'énergie doivent éprouver de fortes pressions de radiation (Paha, 1920) ; effectivement le calcium est présent en grande quantité dans la haute atmosphère du soleil. — E. D.

Digitized by Google

SECTION INDUSTRIELLE

L'exposition de matériel électrique agricole de Compiègne

L'auteur critique l'organisation de l'exposition de matériel électrique agricole de Compiègne dont la préparation insuffisante et défectueuse n'a pas permis aux cultivateurs d'apprécier les avantages des applications de l'électricité aux divers travaux des champs et de la ferme.

L'exposition de matériel électrique agricole qui eut lieu du 17 au 25 juin, à Compiègne, fut la plus déplorable manifestation que l'on puisse imaginer.

L'organisation ne répondit en rien à ce qu'avait permis d'espérer un programme cependant très rationnellement établi, parce que la réalisation en avait été confiée à un agent dont l'incompétence en électricité est notoire et dont le principal souci, en outre, semblait être de réaliser un bénéfice personnel aussi grand que possible.

Seules, les démonstrations de labourage électrique auraient échappé à toute critique si l'on n'avait songé à les faire à 16 km de Compiègne, où il n'était pratiquement possible de se rendre autrement que par la route. Les visiteurs qui n'avaient pas d'automobile devaient donc renoncer à aller voir travailler, toujours excellemment d'ailleurs, le matériel de la Compagnie Electro-Mécanique. Un treuil Douilhet, du nouveau type à double tambour et un peu plus puissant que les

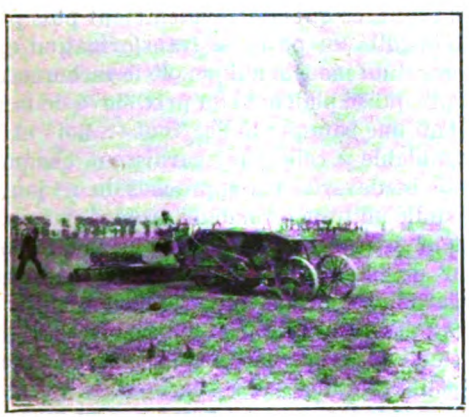


Fig. 1. — Tracteur Gray, remorquant un pulvérisateur à disques. Derrière le pulvérisateur, examinant le travail et suivant l'appareil, M. Lecler.

modèles qui labouraient à Cloches, était arrivé, venant de Phalempin, mais avec diverses pièces cassées, le mettant momentanément hors d'usage. Enfin, un tracteur Gray ne craignait pas d'apporter son concours, tout à fait rationnel, en remorquant un pulvérisateur à disques qui ameublissait le labour derrière la charrue de la Compagnie Electro-Mécanique (fig. 1 et 2). Mais pourquoi n'avoir pas aménagé ces démonstrations moins loin de Compiègne, avec des moyens de communication fréquents et pratiques? On ne saurait prétexter la difficulté de trouver les terrains nécessaires

Fig. 2. — La charrue en travail du treuil de la Compagnie Electro-Mécanique. Dans le groupe des personnes regardant la charrue : M. Leclerc, M. Pollack (de la Société d'Eclairage et de Force), M. Gouverneur (de la Société Force et Lumière), etc.

dans une région qui est le berceau de coopératives agricoles d'électricité importantes. Et, de toute façon, n'aurait-on pu jalonner par des affiches, des panneaux indicateurs, etc... la route à suivre pour s'y rendre, au lieu de laisser se débrouiller seuls ceux que rien, heureusement, ne rebute?

Mais que dire de l'exposition elle-même! Il est profondément regrettable que les excellentes intentions qui avaient guidé la Société des Agriculteurs de l'Oise aient vu leur effet annihilé; il est tout à fait fâcheux que des solutions inénarrables aient provoqué l'hilarité des visiteurs dont bon nombre ont eu l'impression que les électriciens avaient encore tout à apprendre de l'industrie agricole; il est enfin navrant, au moment où l'on s'efforce d'établir une réglementation sévère, parce que nécessaire à la sécurité des gens et des

Digitized by Google

choses, des installations rurales, que les installations de Compiègne aient été faites avec si peu de souci des règles les plus élémentaires de notre art.

Et ce n'est pas là une simple opinion personnelle, c'est aussi l'impression de confrères bien connus qui m'accompagnaient lors de ma visite ; c'est également l'avis d'exposants qui furent obligés, malgré leurs réclamations, d'adopter les solutions grotesques qu'on leur avait imposées pour la commande de leurs machines.

Le programme précisait que « tout matériel exposé devrait fonctionner électriquement ». En réalité, non seulement on voyait figurer des chariots, des voitures, voire des coffres-forts, qui n'avaient certainement aucun rapport possible avec l'électricité, mais on trouvait même des matériels de battage des premières firmes françaises mûs par cette machine presque préhistorique, cette gâcheuse de combustible, qu'est la locomobile agricole à vapeur. Etait-ce un défi au moteur électrique ?

Le même programme indiquait « que les outils devraient être installés comme ils le seraient en pratique dans une exploitation agricole, que le branchement des batteuses serait fait, sur les canalisations de distribution d'énergie, par câble souple au moyen d'un potelet mobile de 1,80 m, placé sur la table de la machine, etc... ». Or, la plupart des batteuses étaient actionnées par un moteur placé sur le sol, provisoirement, au moyen de deux semelles en bois et le démarreur de ce moteur se trouvait à plusieurs mètres de l'homme chargé d'engrener : l'alimentation se faisait au moyen de fils ordinaires volants. Nous étions loin des installations espérées de moteurs blindés sur la machine même, avec connexions soignées sous tube métallique et coffret étanche de démarrage à portée de la main de l'ouvrier conduisant la batteuse.

Tous les autres outils étaient commandés d'une façon analogue, sauf de très rares exceptions : moteurs placés n'importe où, canalisations en câbles ordinaires accrochés au petit bonheur, interrupteurs sans aucune protection contre tout contact involontaire, en somme l'installation de fortune dans toute sa fantaisie. Combien instructive a dû être la visite d'une semblable exposition pour ceux — agriculteurs ou installateurs électriciens — qui étaient venus là chercher des idées ou des conseils !..

Cette fantaisie ne semblait d'ailleurs pas avoir de bornes. N'ai-je pas vu le moteur destiné à faire tourner un décrotteur de betteraves placé juste au-dessous du cylindre lui-même, de telle sorte qu'il eut été enfoui sous la terre provenant des betteraves au bout d'un quart d'heure de marche. Mais il y avait mieux : un matériel de battage était commandé par un moteur électrique placé à l'une des extrémités d'un tracteur à pétrole Case (fig. 3) ; à l'autre extrémité de ce tracteur était disposée la poulie habituelle calée sur le moteur à pétrole ; et le représentant expliquait, sans ironie, aux visiteurs quelque peu intrigués, qu'en cas de manque de courant il suffisait de retourner le tracteur bout pour bout et de mettre le moteur à pétrole en route. Quand le courant était rétabli, il n'y avait qu'à faire l'opération inverse. Certains trouveront qu'il est un peu coûteux d'être obligé d'acheter d'abord un tracteur pour servir de plate-forme à un moteur électrique ; d'autres estimeront qu'en tout cas le changement eût été plus praticable si, au lieu de retourner le tracteur, ce qui nécessite un nouveau calage et le dégauchissage de la courroie, le moteur électrique avait été monté d'une façon moins irréfléchie. Enfin, comme généralement les interruptions sont de courte durée, le temps

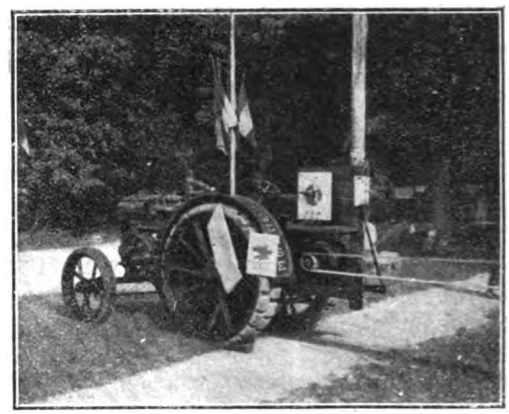


Fig. 3. — Tracteur Case sur le bâti duquel est installé un moteur électrique commandant une batteuse.

perdu dans cette double manœuvre dépassera largement celui de l'interruption.

L'ambiance était décidément néfaste, car, pour alimenter tous ces moteurs, qui d'ailleurs tournaient peu ou pas du tout, ce qui était évidemment plus prudent, on avait installé un poste de transformation qui était certainement un modèle unique. Je le recommande aux exploitants qui se plaignent du prix élevé de la maçonnerie ! Dans une baraque Collet, tout en bois et exactement semblable à celles qui garnissent chaque année les grands boulevards aux approches du 1er janvier, on avait installé un transformateur protégé par un simple disjoncteur dont on n'avait même pas eu le temps de s'assurer du bon fonctionnement. La baraque, sans aucun gardiennage, était ouverte devant, afin que les visiteurs pussent se documenter à l'aise sur ce poste modèle, et une légère barrière en bois, sans cadenas, en éloignait le public de 2 à 3 m.

Si l'on n'a tué personne à l'exposition électrique de Compiègne, c'est probablement que l'électricité ne doit pas présenter ces dangers contre lesquels certains fâcheux se plaisent à réclamer sans cesse des précautions de plus en plus grandes.

Allez donc, après avoir, officiellement, consacré de tels procédés et fait usage d'installations exécutées avec une telle insouciance, expliquer aux agriculteurs que les installations agricoles doivent être faites avec le plus grand soin et de minutieuses précautions !

Digitized by Google

Une erreur semblable ne doit pas se renouveler ; il faut que, dans une exposition de ce genre, dont le but était extrêmement intéressant, les agriculteurs trouvent des modèles et les constructeurs de matériel des idées ; ce qui nécessite une collaboration étroite, toujours la même d'ailleurs, des agriculteurs, des constructeurs et des électriciens. Actuellement, on fait des machines-outils spécialement conçues pour la commande électrique ; il est nécessaire que nous ayons bientôt des coupe-racines, des aplatisseurs, des broyeurs d'engrais, étudiés eux aussi en vue de l'accouplement avec un moteur électrique. On a déjà réalisé des écrémeuses répondant à ce desideratum ; mais, en général, tout est à créer. Même pour les batteuses, dont un certain nombre sont cependant équipées électriquement, aucune étude nouvelle et rationnelle n'a encore été entreprise. Mon excellent confrère Paul Lecler a même révolutionné certains constructeurs en exposant l'idée à une récente réunion de la Section de Génie rural de la Société des Agriculteurs de France, que la batteuse électrique de l'avenir pourrait avoir plusieurs moteurs actionnant séparément le batteur, l'aspirateur, le secoueur, etc., et qu'on ne verrait plus alors ces multiples courroies qui ont disparu de toutes les machines modernes.

En outre, les constructeurs devront se pénétrer de cette idée qu'ils ne doivent pas se contenter de prendre une machine quelconque de leurs séries courantes et lui adapter un moteur électrique ; ils auront à tenir compte du fait que les agriculteurs, tout au moins dans les secteurs ou coopératives sagement dirigées, paieront le courant d'autant moins cher que leur utilisation sera plus grande ; il s'ensuit qu'il faudra préférer de petites machines fonctionnant plusieurs heures par jour à des machines plus puissantes permettant de faire le même travail en une demi-heure. D'où, toujours, la nécessité de cette collaboration à trois déjà signalée, pour réaliser des matériels répondant aux exigences de tous.

En résumé, l'Exposition de Compiègne aurait pu être utile ; elle a été plutôt nuisible, non par un défaut de conception, mais simplement par une réalisation défectueuse. Il est certain que, si, l'an prochain, une autre manifestation, annoncée suffisamment à l'avance pour que tous les détails en puissent être étudiés, était organisée avec le triple concours de la Société des Agriculteurs de France, de la Chambre syndicale des Constructeurs de Matériel agricole et de l'Union des Syndicats de l'Electricité ; si, en outre, sa réalisation pratique en était confiée à une personnalité vraiment qualifiée, son succès serait très grand et elle aurait une répercussion énorme sur le développement des applications agricoles de l'électricité.

Ach. DELAMARRE.

Propriétés et applications industrielles de la bakelite

Produit de condensation du phénol, son rôle dans l'appareillage électrotechnique, son emploi possible pour la protection des eaux d'alimentation (1)

Dans le présent article, l'auteur rappelle la définition chimique du composé synthétique désigné sous l'appellation de bakélite, du nom de son inventeur H. Baekeland, décrit son mode de préparation sous les trois formes A, B, C, détaille les propriétés particulières de chacune de ces trois variantes et s'étend principalement sur les recherches qu'il a entreprises lui-même, avec succès d'ailleurs, pour revêtir l'intérieur des tuyaux de plomb, servant à la distribution des eaux d'alimentation, d'une couche de bakélite destinée à préserver le plomb contre les attaques du chlore. Celui-ci, en effet, sous une forme ou une autre, est utilisé pour la stérilisation des eaux potables, mais peut former avec le plomb un oxychlorure toxique ; de même, des eaux trop pures réagissent aussi sur le plomb en donnant naissance à un hydrate d'oxyde de plomb non moins dangereux. C'est pour éviter la contamination par ces deux agents que l'auteur a songé à recouvrir l'intérieur de nos canalisations d'un revêtement protecteur et si ses essais ont porté sur la bakélite, c'est que celle-ci ne se distingue pas seulement par ses remarquables propriétés diélectriques, mais encore parce qu'elle résiste à la plupart des réactifs chimiques.

Origine et constitution de la bakélite. — La résine artificielle que l'on désigne aujourd'hui sous le nom de bakélite est le produit obtenu par action du méthanal sur le phénol, suivant la méthode indiquée en 1909 par le Dr M. Baekeland (2).

Entre le processus de formation in vitro de ce produit et le mécanisme de secrétion des résines naturelles

(1) Communication présentée au Congrès des Sociétés industrielles de Rouen, le 12 juin 1922.

(2) Dr H. BAEKELAND : 1° Communication à l'American Chemical Society (section de New-York), 5 février 1909 ; 2° On fusible, soluble, resinous condensation products of phenols and formaldehyde. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, mars 1909.

3° Communication au 8e Congrès de Chimie appliquée de New-York, 1912.

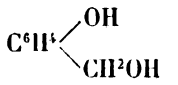
4° Le *Moniteur scientifique Quesneville*, juillet 1909 et décembre 1912. Voir aussi, dans la même publication, octobre 1918, l'article de M. A. HUTIN ; Les produits de condensation des phénols et des aldéhydes.

5° *La Revue électrique*, 15 août 1910, t XIV, p. 112.

Digitized by Google

par les plantes, existe-t-il quelque analogie? Il serait encore prématuré de vouloir l'affirmer.

On ne peut toutefois s'empêcher de remarquer, ainsi que Backeland l'a fait lui-même, qu'un phénol-alcool comme la saligénine



chauffé en présence d'une quantité suffisante de méthanal donne une substance exactement semblable à la « bakélite »; or la salicine que l'on trouve dans certains végétaux, le saule par exemple, n'est autre chose que le glucoside de la saligénine.

On n'ignore pas, d'autre part, le rôle important assigné par les biologistes au méthanal dans le cycle des réactions qui concourent à la synthèse naturelle des sucres et des hydrates de carbone et l'on sait aussi que cet aldéhyde a pu être caractérisé dans les plantes par divers auteurs et par nous-même (1).

Les corps à fonction phénol sont rencontrés dans les végétaux : l'inosite, par exemple, dont l'existence dans la plante a été reconnue notamment par Maquenne, est sensiblement l'hexahydrohexaphénol $C^6H^6(OH)^6$ lequel, soit dit en passant, se formerait d'après Orato, par réduction et déshydratation de l'acide orthocarbonique $C(OH)^4$. Enfin un type de résine naturelle comme la laque du Japon, sécrétion du *Rhus bernicifera*, a été reconnue par divers auteurs (Bertrand, Tschirch, Steven, Majuna et Chò) comme une substance de nature phénolique.

Substances à fonction phénol d'une part, méthanal d'autre part, ce sont les matériaux de la synthèse de Backeland réunis dans la plante et la nature phénolique de la laque du Japon ainsi que les analogies frappantes qui rapprochent la bakélite de la sécrétion du *Rhus bernicifera* sont autant d'indices en faveur de l'idée que le mécanisme naturel de sécrétion des résines pourrait n'être pas essentiellement différent de celui suivi dans la fabrication de cette résine artificielle.

Reste la question de la température à réaliser in vitro qui est radicalement incompatible avec la vie végétale, ce qui indique que, les matériaux étant peut-être les mêmes, l'agent énergétique de synthèse est cependant différent.

Mais déjà, il apparaît que des traces de catalyseurs de la classe des acides, des bases ou des sels interviennent dans ces fabrications synthétiques; d'autre part, une étude rapide a permis de se rendre compte que la constitution et les qualités du produit obtenu varient avec la nature du catalyseur employé; ceci, en accord, semble-t-il, avec les résultats des belles recherches de Sabatier sur l'action qualitative spécifique des catalyseurs, les mêmes corps en présence pouvant conduire à des produits différents suivant l'espèce du catalyseur employé pour les déterminer à réagir l'un sur l'autre; l'accélération qu'imprime le catalyseur à la réaction n'étant possible qu'autant qu'il est apte à entrer transitoirement en combinaison avec les corps du système.

L'ensemble de l'opération apparaît, en somme, conditionnée par deux facteurs : un catalyseur approprié et une température convenable.

Une insuffisante activité du catalyseur oblige à une élévation de température qu'un agent catalytique mieux approprié réduirait sans doute. N'est-ce pas par le jeu d'un tel catalyseur sélectionné que le *Rhus bernicifera* produit sa laque et sans doute tous les résineux leurs résines dans les limites de températures compatibles avec la vie?

Ce sont là considérations théoriques sur lesquelles nous nous réservons de revenir, notre but étant seulement, pour l'instant, d'attirer l'attention sur les propriétés de cette résine artificielle, de signaler quelques applications industrielles particulièrement intéressantes ou d'une actualité plus pressante qui en découlent et auxquelles nous apportons la contribution de recherches récentes.

II. Propriétés des trois espèces de bakélite. — Lorsqu'on parle des propriétés de la bakélite, il est avant tout essentiel de définir clairement la nature exacte du produit envisagé; or, dans le langage du Dr Backeland, que nous nous efforçons de conserver, le même mot désigne en fait trois substances différentes distinguées les unes des autres par les trois lettres A, B et C.

Le produit A est le premier obtenu. Il est liquide ou visqueux à la température du four, devient pâteux, puis solide par refroidissement. Encore liquide, il se dissout facilement dans les solvants organiques : alcool, acétone, phénol, glycérine... De là la possibilité d'avoir la bakélite à l'état de vernis et de l'utiliser comme tel.

Solidifiée par refroidissement, c'est une masse jaune rougeâtre ou jaune clair, assez friable, fondant par action de la chaleur si celle-ci n'est pas poursuivie trop longtemps, se transformant, dans le cas contraire, par cette même action de la chaleur en produit B.

Le produit B, moins cassant que le produit A est solide à toutes températures. Insoluble dans les dissolvants habituels, il subit cependant de la part de quelques-uns, l'acétone par exemple, une action qui se traduit par le gonflement de la masse.

Il est infusible, mais l'action de la chaleur a pour effet, si elle est peu prolongée, de le ramollir et de lui communiquer une consistance élastique analogue à celle du caoutchouc, mais qui n'est pas conservée après refroidissement. Si l'action de la chaleur se prolonge, elle conduit à l'obtention du produit C.

Celui-ci est le terme ultime de consolidation de la bakélite. Il semble tout à fait légitime de le considérer, avec Backeland, comme un polymère du corps B, ce dernier étant lui-même un produit de déshydratation de la substance A.

Complétement insensible à l'action des dissolvants,

(1) Georges Kimpflin : De la présence du méthanal dans les végétaux verts. *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 1907; Synthèse naturelle des sucres et des hydrates de carbone. *Revue scientifique*, 10 décembre 1910.

Digitized by Google

la bakélite est, à ce troisième stade, un solide dur, infusible à toutes températures, résistant sans altération jusqu'à une température qui peut atteindre 300°C. Au-dessus de cette température, elle se décompose sans brûler et sans fondre en donnant un charbon analogue au charbon de sucre.

Cette diversité d'aspect donne à cette résine synthétique une souplesse dans les adaptations utilitaires que l'on rencontre rarement dans un composé chimique. Suivant, en effet, l'état auquel on la prend, elle s'introduit dans les applications industrielles sous des formes très variées : liquide ou dissoute, elle se prête aux enduits et aux imprégnations ; pâteuse, aux revêtements et aux agglutinations ; plastique ou solide, mais dans l'état B où elle est infusible et capable de se ressouder à elle-même, aux moulages par compression ; enfin, solide au stade C, à tous les travaux de façonnage. A cet état, on peut, en effet, la tailler, la polir, la limer, la percer, la travailler au tour.

Des artifices variés permettent de reproduire l'écaille, l'ambre, l'ivoire.

Mais ce qui est particulièrement remarquable, c'est que, en dépit du polymorphisme qui permet à la bakélite d'exister à des états différents sous les conditions normales de température et de pression, elle présente, à quelque stade de sa consolidation qu'on la considère, un ensemble commun de propriétés physiques et chimiques, quelque chose comme les caractères de la « fonction » ou tout au moins de la série bakélite.

Ces propriétés communes sont les suivantes :

1° Elle n'est pas hygrométrique ;

2° Elle est mauvaise conductrice de la chaleur ;

3° Elle offre une résistance considérable à la pénétration par l'étincelle électrique et possède un pouvoir inducteur spécifique élevé, c'est dire qu'elle constitue un diélectrique ;

4° Elle supporte, sans altération, une température de 300°C et se carbonise au delà sans brûler, étant entendu que, l'action progressive de la chaleur, on l'amène à l'état C si elle n'y est déjà ;

5° Elle est ininflammable ;

6° Elle est inattaquable par l'eau, les alcalis, les acides étendus et les huiles ;

7° Les dissolvants organiques sont sans action de dissolution sur elle dès qu'elle a dépassé le stade A.

Chacune de ces propriétés prise individuellement peut être précieuse à diverses industries, c'est donc une circonstance exceptionnellement favorable que de les trouver toutes réunies dans une même substance et cela explique la grande diversité d'applications de ce produit.

Pour nous limiter, nous nous bornerons à préciser son rôle dans l'appareillage électrotechnique en raison de l'importance vraiment essentielle qu'elle offre dans cette industrie et d'exposer rapidement les premiers résultats de nos recherches sur son utilisation comme revêtement dans les tuyaux de plomb.

III. **Application en électricité.** — Dans l'industrie électrotechnique, la première chose à considérer pour une résine est sa valeur en tant qu'isolant.

La bakélite est-elle un puissant diélectrique ? Les chiffres suivants empruntés au Dr H. Lebach (1) montrent qu'elle possède un pouvoir inducteur spécifique supérieur de la laque et de l'ébonite et qui se rapproche assez sensiblement de ceux du mica et du verre :

	Pouvoir inducteur spécifique.
Bakélite	5,60 à 8,85
Mica	5,69 à 6,64
Verre	5,05 à 7,90
Porcelaine	4,38 à 6,84
Ebonite	2,55 à 3,15
Gomme laque	2,70 à 3,10
Résine	2,55

Quant à sa résistance à l'éclatement entre pointes elle est, par millimètre, de 23 000 v.

La siccativité d'un vernis isolant est une seconde qualité importante. Ce sont les huiles qui la procurent aux vernis ordinaires et c'est par oxydation que se fait le durcissement, cette oxydation déterminant vraisemblablement une décomposition en anhydride carbonique et eau de la glycérine et l'on n'ignore pas que l'addition de corps oxydants augmente la siccativité. Ceci incite à incorporer à ces huiles des composés métalliques comme la litharge (PbO), le minium (Pb^3O^4), l'acétate de plomb $(CH^3COO)^2Pb$, l'acétate de manganèse $(CH^3COO)^2Mn$, le bioxyde de manganèse MnO^2, le sulfate de manganèse (SO^4Mn), l'oxalate de manganèse $(COO)^2Mn$, tous corps dont l'introduction n'est pas sans inconvénients au point de vue électrotechnique (2) : les uns noircissent à l'usage, les autres, ce qui est plus grave, rendent les vernis acides par suite de leur décomposition.

Or la siccativité de la bakélite procède d'une tout autre origine. Il n'y a pas d'oxydation, mais une « prise », une polymérisation par simple action de la chaleur ou par l'action combinée du temps et d'un catalyseur plus actif.

L'introduction de corps oxydants n'est donc pas à envisager et les inconvénients qui en résultent sont par suite évités.

Si l'on examine maintenant la solubilité et l'attaque par les huiles ou autres réactifs de la bakélite, d'une part, et, d'autre part, des substances résineuses entrant dans la composition des vernis, la comparaison s'établit encore en faveur de la résine artificielle de Baekeland.

Nous avons déjà noté que, une fois cuite, il n'y a, pour elle, ni dissolution ni attaque par les réactifs chimiques usuels. Au contraire, la gomme laque, par

(1) H. Lebach. Conférence faite à la section de Birmingham et Mitland de la Société d'industrie chimique.

(2) Alf. R. Matthis. *Les vernis isolants en électrotechnique*, Dunod, éditeur, Paris.

Digitized by Google

exemple, relativement peu soluble, à la vérité, dans l'éther et le sulfure de carbone et insoluble dans les huiles, se dissout cependant dans l'alcool même à froid et dans les hydrates et carbonates alcalins ; les colophanes sont solubles dans l'alcool, l'éther, l'acétone, le sulfure de carbone ; le caoutchouc, dans la benzine, l'essence de térébenthine, le sulfure de carbone ; la gutta-percha, dans la benzine, le sulfure de carbone ; partiellement encore dans l'alcool et l'essence de térébenthine ; les résines, dans l'alcool, l'éther, le sulfure de carbone, le benzol, les huiles fixes.

Par ailleurs l'infusibilité, l'ininflammabilité, l'absence d'action de la chaleur au-dessous de 300° sont autant de qualités de la bakélite qui soutiennent avantageusement la comparaison avec les matières premières que nous venons de citer entrant dans la composition des vernis ; toutes fondent en se décomposant : le caoutchouc, à 220°C ; la gutta, à 130°C (et elle se ramollit déjà à 50°) ; les colophanes, entre 90° et 110°C ; les résines, à des températures variables relativement basses ainsi que la laque qui commence par se ramollir. Toutes brûlent si l'action de la chaleur est suffisante.

Enfin, l'inaltérabilité aux vapeurs corrodantes a son importance notamment dans les usines de produits chimiques et le pouvoir dispersif de la chaleur évite les accidents, assez fréquents par ailleurs, dus à des surcharges et échauffements anormaux.

La facilité avec laquelle la bakélite se prête au moulage, à l'enrobage des pièces métalliques, à l'imprégnation des papiers isolants sous forme de plaques ou de tubes, à l'agglomération du mica, à l'émaillage et au vernissage des fils, solénoïdes, bobines, armatures, explique les résultats obtenus par son emploi dans l'appareillage électrique, résultats dont les illustrations ci-contre donnent une idée.

IV. **Application de la bakélite sur métaux et principalement sur le plomb.** — L'application de la bakélite sur divers métaux et notamment sur le cuivre a déjà été tentée avec succès.

Nous avons eu l'idée de rechercher de quelle manière elle se comportait sur le plomb et, concurremment, nous avons étudié l'action que le chlore pouvait avoir sur elle.

Ces deux catégories d'expériences sont, en apparence, sans relations les unes avec les autres. Elles sont, en réalité, étroitement unies dans notre esprit, l'idée que nous avons poursuivie étant d'isoler les eaux d'alimentation du contact du plomb des conduites.

On n'ignore pas, en effet, que l'habitude est aujourd'hui prise dans quelques grandes villes, et notamment à Paris, de stériliser les eaux par le moyen du chlore introduit sous une forme ou sous une autre. Or, tous les chimistes savent : 1° que le chlore forme avec le plomb un oxychlorure toxique ; 2° que la quantité de chlore à introduire dans une eau pour la rendre asep tique est fonction de la quantité de matières organiques contenues dans cette eau, c'est-à-dire d'un facteur qui varie à chaque instant. (Cette dernière constatation suffit à montrer combien ce produit de stérilisation est d'un maniement délicat.) Aussi, quelque éprouvée que soit la conscience professionnelle des services préposés à ces opérations, paraît-il difficile d'affirmer que jamais aucune trace de chlore libre ne subsiste dans les conduites au delà des bassins de distribution ; dès lors, c'est la formation possible de l'oxychlorure de plomb et, par suite, la crainte de l'intoxication satur-

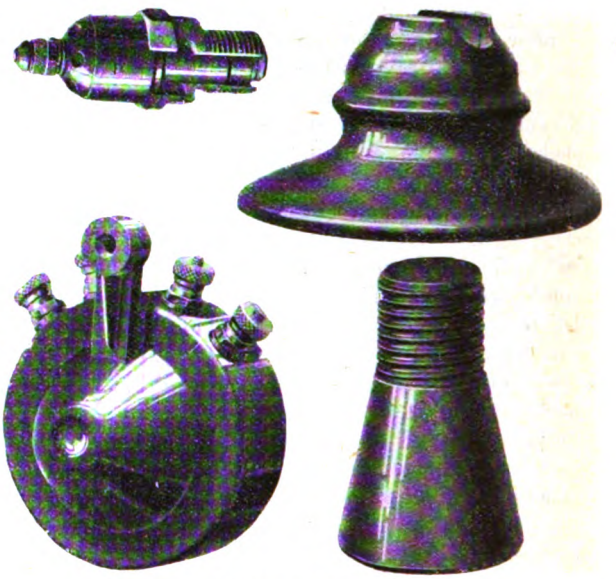


Fig. 1. — Pièces exécutées en bakélite.

nine, intoxication qui, ainsi que l'a remarqué M. Edmond Bonjean, directeur du laboratoire du Conseil supérieur d'Hygiène de France, « pour être lente n'en serait pas moins grave » (1).

Egalement, des eaux trop pures chimiquement, circulant dans des conduites de plomb, font courir le même danger par suite de la formation de l'hydrate d'oxyde de plomb, également toxique. Les eaux de pluie, par exemple, recueillies dans des citernes, ne peuvent pas être distribuées dans de telles conduites, et l'on a vu des exemples, en Indochine notamment, des populations entières atteintes de cette manière par intoxication saturnine. Dans un cas comme dans l'autre, il y aurait donc un réel intérêt à isoler l'eau du contact du plomb.

Nos recherches dans cet ordre d'idées, effectuées avec la bakélite, nous ont donné les résultats suivants :

Huit tubes de plomb de 37 mm de diamètre intérieur, du type habituel des conduites d'eau, ont été, après décapage, fermés par soudure autogène à l'une de leurs extrémités, de manière à former des éprouvettes de plomb de 10 cm de haut.

Quatre de ces éprouvettes ont été vernies intérieure-

(1) Ed. Bonjean ; Traitement par les hypochlorites alcalins des eaux servant à l'alimentation publique. *Bulletin des Sciences pharmacologiques*, mai 1912.

Digitized by Google

ment à la bakélite ; le procédé consistait à remplir l'éprouvette de vernis bakélite à l'alcool ; puis elle était vidée, égouttée et séchée à l'étuve pendant une heure, à la température de 100°C. (Dans la pratique, on pourrait remplir la canalisation de vernis bakélite, la vider et faire passer ensuite un courant d'air chaud.)

Les quatre autres éprouvettes servaient de témoins.

Le premier témoin a reçu de l'eau distillée et a été laissé ouvert à l'air ; le deuxième, de l'eau distillée, le tube étant obturé par un verre de montre posé sur le ménisque ; le troisième, de l'eau servant à l'alimentation d'une grande ville utilisant le procédé au chlore pour la stérilisation ; le quatrième, de l'eau à laquelle une dose massive d'hypochlorite a été ajoutée. Ce dernier a donné immédiatement un précipité abondant de chlorure de plomb.

Le deuxième témoin n'a pas donné le plus léger louche après trois heures tandis que le premier a donné, au bout d'une heure environ, une mince pellicule superficielle qui paraît devoir être attribuée à la formation d'un hydrocarbonate de plomb résultant de l'action combinée de l'oxygène et de l'anhydride carbonique de l'air sur le métal en présence de l'eau ; mais, en traitant l'eau de ce témoin par l'acide chlorhydrique, on n'a rien obtenu.

Quant au troisième, il a donné *instantanément* un liquide louche abondant, suivi d'un précipité absolument caractéristique de chlorure de plomb (1).

Trois des éprouvettes bakélisées ont été soumises aux épreuves subies par les témoins 1, 3 et 4, c'est-à-dire remplies l'une, d'eau distillée aérée ; l'autre, des eaux d'alimentation ayant servi à l'expérience précédente ; la troisième, d'eau chargée d'hypochlorite de soude.

Dans la quatrième éprouvette bakélisée, nous avons ajouté de l'acide chlorhydrique à une eau chargée d'une dose massive d'hypochlorite alcalin.

Dans ces conditions, l'eau est restée parfaitement limpide et, après trois heures d'observation, aucune trace de plomb n'a pu être décelée.

Les conclusions qui se dégagent de ces recherches sont les suivantes : 1° la bakélite n'est pas attaquée par le chlore ; 2° certaines eaux d'alimentation stérilisées au chlore, sans doute dans des circonstances anormales, lorsqu'elles se trouvent au contact de plomb fraîchement décapé, ce qui est le cas des conduites neuves, provoquent la formation d'une quantité très appréciable de sels de plomb ; 3° la formation de sels de plomb est évitée dans tous les cas où le plomb est revêtu de bakélite.

Il y a là une application à l'hygiène publique dont l'importance n'échappera pas.

Tels sont les faits d'ordre pratique que nous avons voulu dégager et les résultats expérimentaux nouveaux qu'il nous a paru intéressant d'exposer.

Nous avons pensé être utile aussi en contribuant à diffuser la connaissance de cette résine synthétique, pour la fabrication de laquelle l'Amérique a été l'initiatrice, mais qui a gagné ses lettres de naturalisation en France depuis que l'industrie française en a entrepris avec succès la fabrication et que savants et techniciens français s'attachent à son étude, en vue d'étendre encore le champ déjà si vaste de ses applications industrielles.

Georges Kimpflin,
Docteur ès sciences, ancien préparateur à la Faculté des Sciences de l'Université de Lyon.

Note sur le calcul des déversoirs de crues des barrages réservoirs

Nous reproduisons ci-dessous la traduction d'un article paru dans « Schweizeriche Bauzeitung » du 25 mars 1922 sous la signature de Otto Sommer. L'auteur y indique les considérations essentielles dont il faut tenir compte pour faire le calcul des canaux d'amenée et d'évacuation des déversoirs annexés à un barrage et destinés à l'écoulement des eaux aux époques de crues.

I. **Remarques générales.** — Pour les barrages réservoirs, l'évacuation certaine des crues est d'une importance primordiale. Il y a peu de temps encore, on employait presque exclusivement les déversoirs fixes comme organes d'évacuation. Plus récemment et surtout dans les cas de débits importants, certains ont donné la préférence à des siphons automatiques, à des vannes ou à des appareils d'évacuation à fonctionnement automatique.

Malgré l'importance que prennent ces organes, sans exception, pour la solidité des barrages en maçonnerie et, par suite, pour la sécurité de la vie et des biens des riverains à l'aval, on constate encore assez fréquemment, même pour des installations étudiées avec grand soin à tous les autres points de vue, des erreurs dans leur établissement, erreurs qui peuvent réduire dans une mesure notable le coefficient de sécurité de toute l'installation. Ces erreurs se rencontrent moins souvent dans les calculs de déversoirs proprement dits qui ont déjà été largement traités dans la littérature spéciale et dont la construction et le calcul sont courants actuellement à tout ingénieur s'occupant d'installations

(1) Ce résultat paraît devoir être attribué à une cause accidentelle. Obtenu en effet avec la plus grande facilité, au début de juin 1922, il n'a pas pu être reproduit ultérieurement.

Digitized by Google

hydrauliques, mais plutôt dans les calculs des canaux d'amenée et d'évacuation et les autres dispositions accessoires des déversoirs. Il ne sera donc pas inutile d'examiner les principes et les conditions essentielles qui doivent être respectés dans l'établissement des organes d'évacuation des crues et d'examiner plus spécialement quelques cas plus fréquemment rencontrés dans la pratique.

II. **Forme des piles encadrant des ouvertures d'évacuation.** — On connait l'influence défavorable des piles à front rectangulaire et arêtes vives qui provoquent une contraction de la lame d'eau et une diminution correspondante du débit. Dans le cas de déversoir fermé par des clapets automatiques à contrepoids ou à commande dépendant directement du niveau amont, cette contraction entraîne encore une conséquence très contrariante. Le fonctionnement automatique de ces dits clapets repose, en effet, sur l'équilibre entre la force exercée par l'eau sur le clapet et l'effet du contrepoids, ou bien, dans le cas des clapets à double volet, entre l'effort hydrostatique agissant sur le clapet de soutien et l'action du contrepoids. Ces conditions d'équilibre seront naturellement immédiatement compromises si, par suite de la contraction provoquée par des piles à angles vifs ou par d'autres causes semblables, la pression effective du niveau amont est différente de celle qui a été prise comme base pour le calcul.

Ceci peut avoir des conséquences désastreuses si la limite de retenue prévue pour les cas de crue a été choisie trop juste, notamment s'il s'agit de barrages en terre pour lesquels une submersion peut être fatale.

Il y a donc lieu d'apporter une attention spéciale à la suppression de toute arête vive dans le profil d'écoulement.

III. **Profil en long du canal de fuite.** — La configuration du profil en long du canal de fuite est également très importante pour assurer une évacuation très ordonnée des crues. C'est là un point auquel on ne prête pas toujours l'attention voulue, ainsi que cela ressort de quelques installations récentes de grands barrages.

La figure 1 montre la coupe longitudinale d'un canal déversoir de crues accoté à un barrage en maçonnerie. Depuis

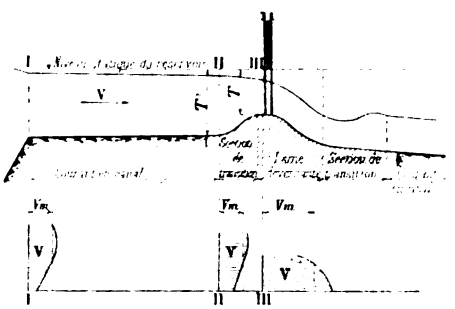


Fig. 1.

le réservoir, le fond du canal s'élève progressivement jusqu'à l'organe de fermeture qui peut être une vanne à coulisse, un clapet automatique ou autre organe similaire. L'organe mobile de fermeture se trouve dans la plus petite section, de façon que ce soit son ouverture qui règle le débit d'écoulement. Cette dernière condition est naturellement mieux remplie si le canal d'évacuation présente, en amont ou en aval de l'organe de fermeture, une section plus petite que celle représentée par la vanne quand elle est en position d'ouverture complète. C'est là également une erreur qu'on peut constater occasionnellement dans quelques installations récentes.

L'écoulement des eaux dans un canal d'évacuation de crues présentant la disposition décrite est caractérisé par les courbes de vitesse schématiquement indiquées par la figure 1. On reconnait que, dans le canal d'amenée et jusqu'à proximité du point où le fond de ce canal atteint sa cote la plus élevée, la vitesse de l'eau est répartie dans la section de la même façon que pour les canaux à forme régulière (écoulement régulier). La vitesse est minimum à proximité du fond et maximum un peu au-dessous de la surface. Au contraire, la courbe de vitesse présente une caractéristique tout à fait différente dans la section minimum du canal, soit au-dessous de la vanne de fermeture. Nous trouvons ici le cas d'un déversement par-dessus un seuil arrondi, ce déversement étant parfait ou partiel, suivant la cote du seuil aval. Mais, dans les deux cas, nous trouvons la courbe caractéristique de l'écoulement en déversoir avec une vitesse maximum très près du fond et une vitesse minimum à proximité de la surface (cas particulier de l'écoulement en trombe).

Entre ces deux cas extrêmes, nous trouvons sur un espace relativement restreint des états intermédiaires et de transition. Suivant les observations de l'auteur, l'eau, à quelques mètres en amont du déversoir, même lorsque celui-ci est libre, coule rigoureusement suivant les lois de l'écoulement en canaux ouverts. Des mesures effectuées à l'usine de Wynau sur l'Aar ont confirmé cette constatation. Le débit évacué dans le cas d'un profil en long suivant figure 1 est déterminé uniquement par le déversoir libre et se calcule à l'aide de la formule usuelle ordinaire

$$Q = \frac{2}{3}\mu B\sqrt{2g}\,T^{3/2}, \qquad (1)$$

où Q est le débit en m^3; s, $\frac{2}{3}\mu$, un coefficient égal à 0,42 0,48 suivant la forme et la longueur du déversoir; B, la largeur du déversoir en mètres; T, la différence de niveau, en mètres, entre l'arête du déversoir et le niveau statique de l'eau dans le réservoir.

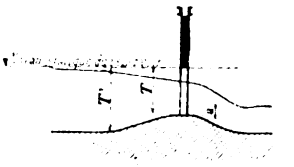


Fig. 2.

La vitesse hydrostatique $\frac{v^2}{2g}$ ne peut naturellement pas être introduite dans cette formule, elle est déjà contenue dans la valeur T.

Pour le déversoir incomplet (submergé, fig. 2), on applique la formule connue

$$Q = \frac{2}{3}\mu BH^{3/2}\sqrt{2g} + \mu_1 Ba\sqrt{2gH}. \qquad (2)$$

Ces formules ne donnent naturellement qu'une valeur approximative, en particulier, celle pour le déversoir incomplet, parce qu'elle est basée, comme l'hydrodynamique classique, sur des veines liquides parallèles et d'un écoulement

Digitized by Google

exempt de tourbillons, supposition dont on a reconnu depuis environ dix ans l'erreur fondamentale.

Il semble que l'on n'ait pas établi, jusqu'à présent, de méthode de calcul qui tienne compte de cette constatation et qui soit d'un emploi pratique. Nous devons donc encore nous en tenir à la formule usuelle.

Pour le profil en long de la figure 3, par contre, les conditions sont tout à fait différentes. Ici nous nous trouvons en présence d'un canal d'évacuation sans seuil de déversement prononcé et le débit évacué se détermine d'après la condition que, dans chaque section, la différence de niveaux entre le niveau statique du réservoir et le niveau dans le

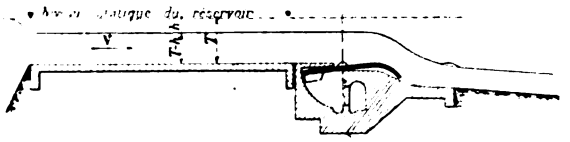


Fig. 3.

canal d'évacuation doit être suffisante pour produire la vitesse d'écoulement à cet endroit et vaincre la résistance de frottement. Les formules connues de Ganguillet et Kutter, Bazin, Darcy et autres sont faites sur cette considération. En utilisant la nouvelle formule de Bazin pour déterminer la vitesse d'écoulement et en se basant sur les indications de la figure 3, nous obtenons

$$H = \frac{v^2}{2g}\left[1 + \frac{87\sqrt{R\,\frac{H}{L}}}{1 + \frac{8}{\sqrt{R}}}\right]. \qquad (3)$$

En introduisant quelques simplifications dans les formules précitées, simplifications qui n'entraînent pas une diminution appréciable de leur exactitude, on peut établir un rapport entre T et sa valeur minimum T' pour laquelle la hauteur de déversement T pour un déversoir libre et une largeur de canal constante et égale à la largeur du déversoir, donne encore juste son plein effet.

Pour les déversoirs de crues, la longueur du canal L est généralement relativement petite. Le rayon du profil hydraulique R, par contre, est très grand, en sorte qu'on peut, en première approximation, faire abstraction de la perte de hauteur par frottement qui n'est que de l'ordre de quelques centimètres, même pour des installations importantes. On peut donc écrire approximativement

$$v = 0{,}95\sqrt{2gH}.$$

Il en résulte

$$Q' = (T' - h)\,0{,}95\sqrt{2gh}$$

par mètre de largeur déversante.

La fonction

$$f = (T' - h)\,4{,}43\sqrt{h}$$

devient un maximum pour $h = \frac{T}{3}$ et la variable Q' est, dans ce cas,

$$Q' = 1{,}62\,T'^{\frac{3}{2}}. \qquad (4)$$

Comme, suivant la formule (1), pour le déversoir parfait $Q = 1{,}9$ à $2{,}1\ T^{\frac{3}{2}}$ (par mètre de largeur), il résulte pour un profil en long suivant la figure 1 que le déversoir ne sera utilisé à plein effet que si $Q' \geq Q$, c'est-à-dire,

$$T' \geq \left(\frac{1{,}9 + 2{,}1}{1{,}62}\right)^{\frac{2}{3}} T, \qquad (5)$$

c'est-à-dire

$$T' \geq 1{,}11 \text{ à } 1{,}2\ T.$$

Comme en pratique les pertes par frottement, quoique faibles, viennent encore s'ajouter en défaveur de Q et aussi de T', on fera bien de ne pas prendre T' inférieur à 1,25 jusqu'à $1{,}3\ T$ si on ne veut pas s'exposer à ce que l'organe de fermeture, qu'il soit un clapet, une vanne ou autre appareil ne soit pas utilisé à sa pleine capacité.

L'influence d'une profondeur T' insuffisante peut être illustrée par l'exemple suivant tiré de la pratique. Soit

$$T = T' = 3{,}00 \text{ m.} \qquad B = 16{,}00 \text{ m.}$$

L'organe de fermeture, en tant que déversoir parfait, permettrait l'évacuation de $Q = 16 \times 1{,}9 \times 3^{\frac{3}{2}} = 156 \text{ m}^3 : \text{s.}$

Le canal d'amenée de 3 m de profondeur et 6 m de large (largeur mesurée immédiatement à l'amont du déversoir) ne permet, par contre, le passage que de $Q' = 16 \times 1{,}62 \times 3^{\frac{3}{2}} = 133 \text{ m}^3 : \text{s.}$

L'organe de fermeture mobile est donc utilisé dans ce cas d'une manière très imparfaite.

Les considérations ci-dessus sont valables pour une largeur de canal constante et égale à la largeur du déversoir. Jusqu'à un certain degré, l'augmentation de la profondeur de T à $T' = 1{,}3\ T$ peut être remplacée par un élargissement du canal d'amenée par rapport à la largeur du déversoir. Par analogie avec à l'équation (5), il faudrait donc

$$B' = \frac{1{,}9 + 2{,}1}{1{,}62}\,B = 1{,}17 \text{ à } 1{,}3\ B, \qquad (6)$$

en faisant abstraction des pertes de frottement, soit en réalité $B' > 1{,}3\ B$. *Ces conditions doivent être remplies jusqu'à proximité immédiate du déversoir, c'est-à-dire jusqu'au point de passage de l'écoulement en canal ouvert à l'écoulement par déversoir.* Le petit parcours de transition, suivant les observations de l'auteur, a une longueur d'environ 1 à 1,2 T; il devrait donc également se faire la transition de $1{,}3\ B$ à B'. Cette condition provoque déjà pour les largeurs moyennes B des transitions trop brusques. Dans l'exemple ci-dessus, la largeur indiquée devrait passer, sur un espace de 4 m environ, de 21 m (ou plus) à 16 m.

En outre, pour les déversoirs disposés latéralement au barrage, l'élargissement du canal d'évacuation nécessiterait des travaux de terrassement importants. Pour cette raison, on donnera, en général, la préférence à un approfondissement du canal. Pratiquement, on obtiendra le meilleur résultat en tenant compte des deux conditions, c'est-à-dire en rétrécissant le canal à proximité du déversoir et en modifiant la profondeur pour avoir $T = 1{,}25$ à $1{,}3\ T$.

H.-F. Weber.

Digitized by Google

Revues, analyses et informations

Calcul de l'erreur introduite par les transformateurs de mesure (1).

Un procédé graphique permettant de déterminer la grandeur de l'erreur introduite par les transformateurs de tension et d'intensité et reposant sur des mesures à vide, en court-circuit et de résistance a déjà été donné par Möllingen et Gewecke dans « Elektrotechnische Zeitschrift », 1911, p. 922, et 1912, p. 270. Comme cette méthode est très commode pour la prédétermination des résultats, elle se recommande pour le calcul de l'erreur, lorsqu'on établit le projet d'un transformateur de mesure. La solution graphique indiquée est cependant assez difficile pour qu'on lui préfère la solution par le calcul. Au moyen de diagrammes, convenablement simplifiés pour qu'ils soient d'un usage pratique, l'auteur se propose d'établir, dans cette étude, des formules permettant le calcul de l'erreur, dans le cas général et aussi dans le cas particulier concernant des transformateurs d'intensité employés avec résistance de protection.

A. Transformateur de tension. — Le courant primaire, dans tout transformateur en charge, peut se décomposer en deux autres : l'un égal à celui qui se produit lors de la marche à vide ; l'autre égal au courant correspondant à la charge. Celui-ci est exactement opposé au courant secondaire et déphasé de 180° par rapport à lui, tandis que le courant à vide engendre le champ magnétisant. Dans les transformateurs de tension, le courant à vide est habituellement de l'ordre de grandeur du courant de charge, de sorte que la chute de tension ohmique et inductive correspondant à ce courant à vide est bien plus importante que dans les transformateurs de puissance usuels et ne peut plus être négligée. Les chutes de tension engendrées dans les résistances et les inductances par les courants de charge primaire et secondaire peuvent, à cause de leur opposition de phase, s'additionner algébriquement, mais les chutes de tension relatives au courant magnétisant doivent être composées géométriquement avec les précédentes. Comme l'angle que fait la tension aux bornes secondaires avec la force électromotrice induite est, pour les transformateurs de tension, toujours très petit, nous pouvons, sans commettre une grande erreur, admettre que la composante déwattée du courant correspondant à la marche à vide est perpendiculaire à la tension aux bornes secondaires et nous obtenons ainsi la figure 1 qui donne le diagramme des tensions dans le transformateur de tension. Nous désignerons par P_1, P_2, les tensions aux bornes primaires et secondaires ; par σ, le rapport entre les nombres de tours des enroulements primaires et secondaires ; par e_{s10}, la tension primaire correspondant à la dispersion, et e_{w10}, la chute de tension ohmique primaire pour la marche à vide ; par e_s, la tension totale correspondant à la dispersion et e_w, la chute de tension totale ohmique, correspondant aux courants actifs, primaires et secondaires et rapportée au courant primaire ; par φ_2, l'angle de déphasage entre le courant et la tension secondaire ; par α, l'angle formé par le courant à vide et sa composante réactive.

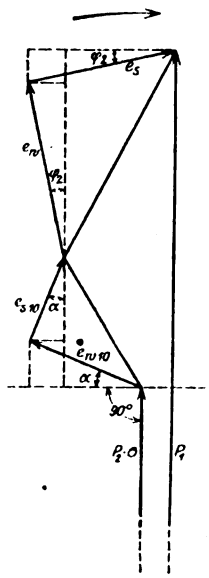


Fig. 1. — Diagramme du transformateur de tension.

Si nous évaluons les chutes de tension totales en centièmes de P_1, nous obtenons par le diagramme, si les angles entre P_1 et P_2 sont petits, les valeurs suivantes pour la grandeur de l'erreur.

L'angle de l'erreur, en minutes, entre P_1 et P_2 est donné, dans le fonctionnement à vide ($e_w = e_s = 0$), par

$$\delta_0 = \frac{108}{\pi}(e_{w10}\cos\alpha - e_{s10}\sin\alpha),$$

et, en charge, par

$$\delta = \delta_0 + \frac{108}{\pi}(e_w \sin\varphi_2 - e_s\cos\varphi_2),$$

quand, par le déphasage en avant de P_2, l'angle de l'erreur doit être compté positivement. La chute de tension secondaire, ou, plutôt, la différence entre la tension secondaire aux bornes et celle que l'on calcule en fonction du rapport des enroulements est, à vide

$$v_0 = e_{s10}\cos\alpha + e_{w10}\sin\alpha,$$

et, en charge,

$$v = v_0 + e_w\cos\varphi_2 + e_s\sin\varphi_2.$$

Pour un angle de déphasage secondaire de

$$\varphi_2 = \operatorname{arc\,tg}\frac{e_s}{e_w},$$

la chute de tension atteint son maximum

$$v_{max} = v_0 + \sqrt{e_w^2 + e_s^2}.$$

L'influence de la charge sur l'angle de l'erreur et sur la chute de tension est facile à voir, en remarquant qu'à fréquence et tension primaire constantes δ_0 et v_0 restent constantes avec la charge et que e_s et e_w croissent proportionnellement avec elle.

B. Transformateur d'intensité. — Dans le transformateur d'intensité, le courant magnétisant est relativement petit, mais les chutes de tensions sont de l'ordre de grandeur des tensions aux bornes. Vu le peu d'importance du courant magnétisant, il suffit, pour évaluer les chutes de tensions primaires, de calculer exactement la tension aux bornes et le déphasage ; mais la composante active du courant primaire est déphasée d'environ 180° par rapport au courant secondaire et il suffit de considérer seulement les chutes de tension ohmiques ou inductives, primaires et secondaires. L'importance notable des chutes de tension a pour effet de

(1) Rudolf Küchler. *E. T. Z.* 8 décembre 1921, t. XLII, p. 1418-1419, 2 000 mots, 3 fig.

Digitized by Google

rendre les tensions aux bornes différentes des forces électromotrices induites correspondantes en grandeur et en phase. On est donc forcé, pour chaque charge, de calculer à nouveau les forces électromotrices (pour connaître l'induction dans le noyau de fer) et même, dans certains cas, la tension aux bornes primaires.

La figure 2 donne le diagramme du transformateur d'intensité, simplifié comme il a été dit et rapporté aux tensions primaires ; on a représenté par :

P_1, P_2, les tensions aux bornes ; par E_1, E_2, les forces électromotrices ; par e_{s1}, e_{s2}, les tensions correspondant à la dispersion ; par e_{w1}, e_{w2}, les chutes de tension ohmiques ; par J_1, J_2, les intensités des courants ; par φ_1, φ_2, les déphasages entre les intensités et les tensions aux bornes (primaires et secondaires) ; par ψ_2, le déphasage secondaire entre le courant et la force électromotrice ; par i_μ, la composante wattée du courant magnétisant ; par i_h, la composante déwattée de ce dernier et par σ, le rapport entre le nombre de tours des enroulements primaire et secondaire.

On voit que

$$E_2 = \sqrt{(P_2 \cos \varphi_2 + e_{w2})^2 + (P_2 \sin \varphi_2 + e_{s2})^2},$$

et que

$$\cos \psi_2 = \frac{P_2 \cos \varphi_2 + e_{w2}}{E_2}.$$

Le calcul de la tension primaire aux bornes est encore superflu. Pour la détermination de la grandeur de l'erreur, en considérant à nouveau le diagramme et nous basant sur l'hypothèse justifiée que l'angle formé par J_1 et $-J_2$ est petit, nous avons l'égalité suivante, dans laquelle i_μ et i_h sont ex-

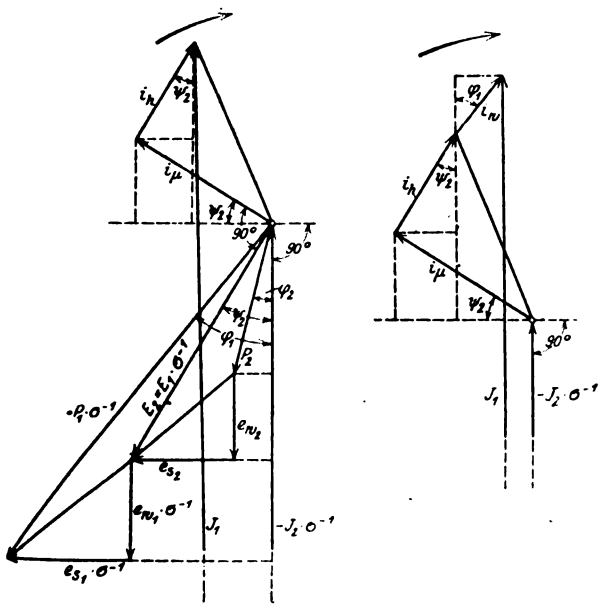


Fig. 2. — Diagramme du transformateur d'intensité.

Fig. 3. — Diagramme du transformateur d'intensité avec résistance de protection.

primés en centièmes de J_1, à savoir, l'angle de l'erreur, compris entre J_1 et $-J_2$, en minutes, est

$$\delta = \frac{108}{\pi} (i_\mu \cos \psi_2 - i_h \sin \psi_2).$$

Cet angle doit être compté positivement quand J_2 est déphasé en avant. La perte d'intensité, en centièmes, c'est-à-dire la différence entre la valeur effective du courant secondaire et la valeur théorique qu'il devrait atteindre d'après le rapport du nombre de spires des enroulements est

$$r = i_\mu \sin \psi_2 + i_h \cos \psi_2,$$

C. Transformateur d'intensité avec résistance de protection. — Comme précaution contre les surtensions, on shunte souvent l'enroulement primaire du transformateur par une résistance sans self-induction (voir Elektrotechnische Zeitschrift », 1914, p. 386). Cette résistance dérive naturellement une partie du courant primaire et devient l'objet d'une autre source d'erreur qui est à considérer. La composante du courant primaire qui traverse la résistance de shuntage sans induction, composante que nous appellerons i_w, est, d'après la loi d'Ohm, le quotient de la tension primaire aux bornes du transformateur par la valeur de la résistance et se trouve en phase avec la tension primaire aux bornes. Celle-ci prend alors, dans ce cas, une importance pour le calcul de l'erreur. Sur la figure 2, nous voyons que

$$P_1 = \sqrt{(E_2 \sigma \cos \psi_2 + e_{w1})^2 + (E_2 \sigma \sin \psi_2 + e_{s1})^2},$$

$$\cos \varphi_1 = \frac{E_2 \sigma \cos \psi_2 + e_{w1}}{P_1}.$$

Le diagramme des intensités, complété par le vecteur i_w, est donné par la figure 3. Si nous exprimons également i_w en centièmes de J_1, nous obtenons les valeurs suivantes de l'angle d'erreur δ et de la perte en intensité

$$\delta = \frac{108}{\pi} (i_\mu \cos \psi_2 - i_h \sin \psi_2 - i_w \sin \varphi_1)$$

$$r = i_\mu \sin \psi_2 + i_h \cos \psi_2 + i_w \cos \varphi_1.$$

Par erreur de tension ou d'intensité d'un transformateur de mesure, on entend la différence entre la quantité que l'on mesure au secondaire et celle qui se déduit du rapport nominal de transformation. Si l'on choisit le rapport du nombre de tours de fils égal à ce rapport nominal, la perte de tension ou d'intensité calculée d'après la formule ci-dessus est exactement égale à l'erreur de l'appareil ; mais, si l'on corrige le rapport des enroulements de façon à augmenter de k pour 100 la grandeur mesurée du côté secondaire, on introduit une erreur de tension ou d'intensité de $f = k - v$ centièmes. Pour maintenir le maximum de l'erreur aussi faible que possible dans un domaine déterminé, il faudra prendre k égal à la moitié arithmétique des valeurs de v correspondant aux pertes de tension ou d'intensité maxima et minima. — B. H.

Les conditions économiques du fonctionnement d'un réseau en triangle ouvert (1).

Il arrive fréquemment qu'une installation triphasée fonctionne à faible charge pendant une période de temps assez longue, par exemple, lorsqu'une industrie nouvelle se crée et croit progressivement. Dans ce cas, il peut être avantageux de n'installer que deux transformateurs au lieu de trois et de faire l'alimentation du réseau en *triangle ouvert*, le troisième transformateur étant installé lorsque la charge est deve-

(1) Mervill de Merit. *Electrical World*, 22 avril 1922, t. LXXIX, p. 774-776, 2 000 mots, 3 fig.

Digitized by Google

nue suffisante ou lorsque les conditions économiques convenables sont obtenues. L'auteur détermine comme suit les conditions à satisfaire pour que l'installation du troisième transformateur amène une économie. Soient I_f le courant par transformateur à pleine charge; I_l, le courant de ligne à pleine charge du système en triangle complet; I_e, le courant de ligne pour une économie égale en triangle fermé ou en triangle ouvert; R, la résistance équivalente d'un transformateur; C, la perte en watts dans le fer d'un transformateur; I, le courant de ligne à un moment quelconque; t_e, la durée de fonctionnement, en heures, par jour. Les pertes totales en une journée sont :

Mode d'accouplement.	Pertes dans le Cu,	Pertes dans le fer.
Triangle.....	$3\left(\frac{I}{\sqrt{3}}\right)^2 Rt_e$	$3C \times 24$
Triangle ouvert.....	$2I^2Rt_e$	$2C \times 24$

L'économie égale est obtenue lorsque l'équation suivante est satisfaite

$$3\left(\frac{I}{\sqrt{3}}\right)^2 Rt_e + 3C \times 24 = 2I^2Rt_e + 2 \times 24C.$$

On a alors

$$I_e = \sqrt{\frac{24C}{Rt_e}}, \qquad I_l = I_f\sqrt{3},$$

d'où

$$\frac{I_e}{I_l} = \sqrt{\frac{8}{t_e} \times \frac{C}{I_f^2R}},$$

expression dans laquelle $\frac{C}{RI_f^2}$ est le rapport des pertes dans le fer aux pertes dans le cuivre à pleine charge du transformateur. Il est évident que la constante $\frac{8C}{RI_f^2}$ varie avec les transformateurs suivant leurs dimensions et leur mode de construction. L'auteur applique la méthode à un cas concret; une installation prévue pour consommer 600 kw sous 220 v sur une ligne triphasée à 6 600 v est pourvue au début de deux transformateurs monophasés de 200 kw chacun ayant 98 pour 100 de rendement à pleine charge et 96,5 pour 100 à quart de charge. On a alors à pleine charge : pour la dépense, en kilowatts,

$$200\,000 + I_f^2R + C;$$

pour la charge utile, 200 000 et pour le rendement

$$\frac{98}{100} = \frac{200\,000}{200\,000 + RI_f^2 + C};$$

à quart de charge on obtient l'équation semblable

$$\frac{96,5}{100} = \frac{50\,000}{50\,000 + R\left(\frac{I_f}{4}\right)^2 + C},$$

on en tire $C = 1660$, $RI_f^2 = 2420$, et le rapport $\frac{C}{I_f^2R} = 0,686$.

L'équation pour la courbe d'économie devient ainsi

$$\frac{I_e}{I_l} = \sqrt{\frac{5,46}{t_e}};$$

cette courbe est présentée par la figure 1, elle montre que, pour les transformateurs donnés et pour les conditions

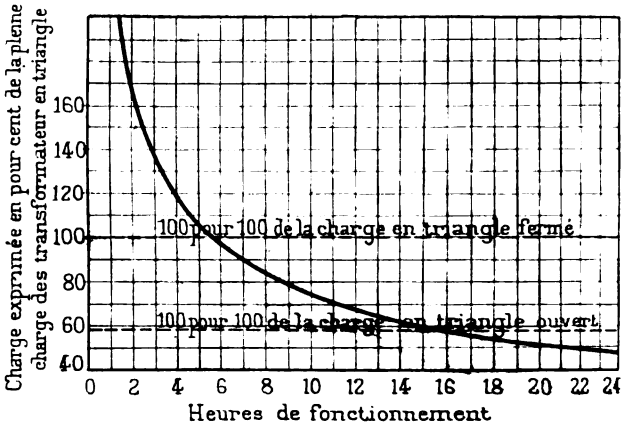


Fig. 1. — Charge d'économie égale pour transformateurs en triangle fermé ou en triangle ouvert.

Si, par exemple le nombre d'heures de fonctionnement à pleine charge est égal à 10 et que la charge soit égale à 50 pour cent, la marche en triangle ouvert est plus économique.

usuelles de la charge, le fonctionnement en triangle ouvert peut être employé jusqu'à la charge totale du système. — E. B.

Les moteurs semi-Diesel, état actuel de leur construction et de leur utilisation (1).

Ces moteurs qui existaient à l'étranger depuis une vingtaine d'années ont pris récemment, chez nous, une grande importance par suite de la raréfaction et de l'augmentation du prix des combustibles courants. Cette note a pour but de donner un aperçu général comprenant la description des moteurs semi-Diesel, des indications théoriques et pratiques sur leur fonctionnement, des renseignements sur les combustibles susceptibles d'être utilisés par lui et, enfin, la description détaillée d'un certain nombre de types industriels.

I. Description générale. — Les moteurs semi-Diesel, qui sont les derniers venus après les moteurs à explosion et les moteurs à combustion interne avec allumage spontané, relèvent à la fois de ces deux groupes. Un tel moteur se compose essentiellement (fig. 1) d'un cylindre dans lequel se meut un piston actionnant l'arbre moteur par bielle et manivelle, et d'un carter étanche faisant l'office de pompe de balayage. En communication avec le cylindre est la boule d'allumage, dans laquelle se fait l'injection sous pression du combustible finement pulvérisé; sa température doit rester suffisante pour que le moteur puisse fonctionner sans explosion pendant un certain nombre de tours.

La plupart des moteurs semi-Diesel sont à cylindre vertical et fonctionnent suivant le cycle à deux temps.

II. Fonctionnement. — Le piston étant en haut et à fond de course, le mélange d'air et de combustible fait explosion et le chasse vers le bas. L'orifice C de rentrée d'air (ou un clapet automatique jouant le même rôle) est fermé, après

(1) A. Schubert, ingénieur des Arts et Manufactures. *Bulletin de la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale*, mai 1922, t. cxxxiv, p. 418-505, 28 000 mots, 78 fig., 6 tab.

Digitized by Google

avoir, dans la course précédente, laissé rentrer de l'air frais dans le carter. Cet air se comprime jusqu'à une pression voisine de 200 g : cm².

Le piston continuant à descendre, l'orifice A est découvert le premier, permettant aux gaz brûlés et détendus de

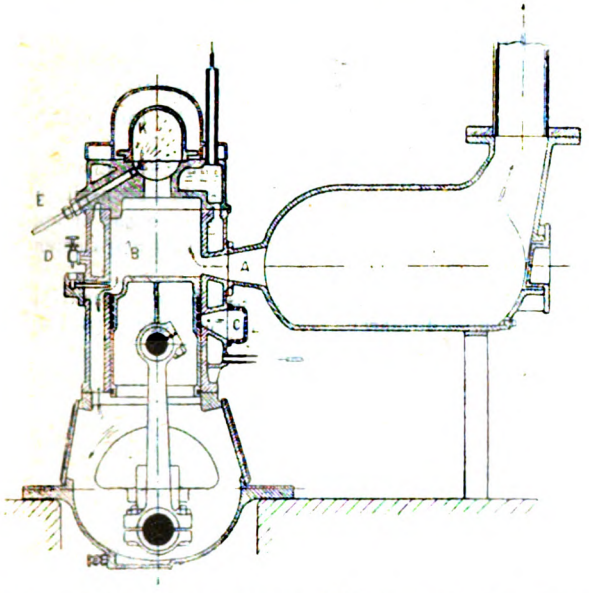


Fig. 1. — Schéma d'un moteur semi-Diesel normal (type Aster)

s'échapper; l'orifice B, qui s'ouvre ensuite laisse, passer de l'air comprimé précédemment dans le carter; cet air balaye les gaz brûlés et les entraîne au dehors.

Le piston remonte ensuite, refermant les orifices B et A; il comprime l'air frais dans le cylindre et fait le vide dans le carter jusqu'à ce que l'orifice C soit découvert à nouveau, ce qui permet à l'air de rentrer dans le carter. Au moment opportun, une pompe injecte le combustible liquide dans la chambre de combustion sous forme d'une fine poussière qui se vaporise et forme un mélange explosif avec l'air. Ce mélange continue à être comprimé et finit par s'enflammer au contact de la boule d'allumage. L'explosion se produit alors et un nouveau cycle commence.

Le cylindre est refroidi par une circulation d'eau, excepté, bien entendu, la boule d'allumage qui, au contraire, doit être chauffée directement pour la mise en marche du moteur.

Il existe, d'autre part, un régulateur, à force centrifuge, qui agit sur la distribution du combustible par l'intermédiaire d'un galet et d'un levier.

Un tel moteur présente sur les moteurs à explosion le très gros avantage d'employer des combustibles moins inflammables et beaucoup moins chers; d'autre part, il est plus simple que le moteur Diesel proprement dit et n'a pas les nombreux inconvénients que l'on rencontre chez ce dernier par suite d'une compression très élevée. Dans les moteurs semi-Diesel, en effet, celle-ci ne dépasse pas 12 kg : cm². Il s'en suit que la résistance du cylindre n'a pas besoin d'être aussi grande, qu'une soupape de sûreté n'est plus nécessaire et que, d'autre part, l'étanchéité du piston s'obtient plus facilement et les dispositifs de refroidissement et d'injection sont plus simples.

On a construit des moteurs semi-Diesel pour un fonctionnement en quatre temps. Ils ont alors des inconvénients au point de vue de la régularité, du poids, de l'encombrement, mais présentent des avantages, pour le graissage, la vérification des organes et, surtout, pour le balayage des gaz brûlés qui est plus efficace.

Diagramme. — La figure 2 représente le diagramme d'un tel moteur. AB correspond à la fin du balayage; BC, à l'échappement; CD, à la compression. L'inflammation qui

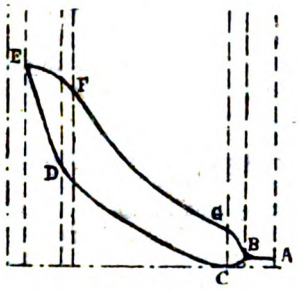


Fig. 2. — Diagramme de fonctionnement d'un moteur semi-Diesel.

commence en D, se continue jusqu'en F, point où la détente commence et se poursuit jusqu'en G. Le cycle se ferme alors par GB (échappement), et BA (balayage).

La comparaison de ce diagramme avec celui du moteur Diesel montre, pour le premier, une supériorité, par suite de la combustion à volume constant et une infériorité due à la combustion et au balayage incomplets. Mécaniquement, le moteur Diesel a un rendement plus faible par suite de ses nombreux accessoires (pompe, etc.). Au total, le rendement industriel du moteur semi-Diesel est inférieur de 15 à 20 pour 100 à celui du moteur Diesel. L'auteur étudie en détail les raisons de cette infériorité qui est compensée par de sérieux avantages pratiques.

III. Principaux détails de construction. — *Injection du combustible.* — Elle se fait par une sorte de soupape, parfois constituée par une simple bille maintenue sur son siège par un ressort; le réglage de la quantité de combustible est obtenu par la variation de longueur de la course de la pompe d'injection. Ce système n'est pas extrêmement précis sans doute et, à ce point de vue, ne peut être comparé au dispositif à aiguille du Diesel, mais il est simple et robuste et un nettoyage journalier suffit pour permettre un bon fonctionnement.

L'efficacité de l'injection dépend : 1° des remous dans le cylindre; 2° de la pression de l'huile et du régime de l'injection; 3° du point de la course où se fait l'injection; 4° de la finesse du jet de combustible; 5° de la distance de l'injecteur à la boule d'allumage.

Allumage. — La boule d'allumage est généralement en acier au nickel-chrome dont la résistance à 700° C est encore élevée (20 kg : cm²). Les limites de température de cette boule sont rapprochées. En effet, si la température est trop élevée, la résistance à la rupture des parois diminue et, d'autre part, la combustion est trop rapide. Si, au contraire, la boule est trop froide, la combustion est incomplète et l'on peut avoir des explosions prématurées.

Injection d'eau — Le réglage de cette température se fait en injectant de l'eau goutte à goutte avec l'air de balayage. Ce procédé, qui a d'abord eu beaucoup de vogue, tend maintenant à être abandonné, car il présente de graves inconvénients pratiques (emploi obligatoire d'eau distillée, réservoirs d'eau importants, réglage à la main très délicat, influence dangereuse sur le graissage).

Digitized by Google

Balayage. — Dans les moteurs à deux temps, il est assez imparfait pour différentes raisons : les clapets du carter fonctionnent toujours avec un certain retard ; il y a des fuites par les paliers ; une certaine quantité d'huile de graissage est entraînée dans le cylindre, y brûle et donne un dépôt de charbon sur les parois ; il y a également un retard à l'entrée de l'air comprimé dans le cylindre. Enfin, la vitesse linéaire du piston a une influence et l'expérience montre qu'une vitesse de 4 m : s ne doit pas être dépassée.

Pour toutes ces raisons, un nombre assez important de moteurs comportent une pompe de balayage séparée, malgré la complication qui en résulte.

IV. Combustibles. — On peut alimenter les moteurs semi-Diesel avec presque tous les combustibles liquides, depuis le pétrole lampant jusqu'aux huiles lourdes. On a même constaté qu'ils peuvent consommer des huiles que les moteurs Diesel brûlent difficilement.

L'auteur étudie ici, avec quelques détails, les huiles végétales : huiles d'arachide, de palme, de ricin, de sésame, de coton en vue de cette application.

A l'heure actuelle leur emploi intensif n'est pas possible, à cause de leur prix ; le cheval-heure revient ainsi, en effet, à 0,98 fr alors qu'il coûte seulement 0,25 fr avec le mazout. Mais on pourrait abaisser beaucoup ce prix par l'organisation intensive de la production des huiles végétales. Ainsi

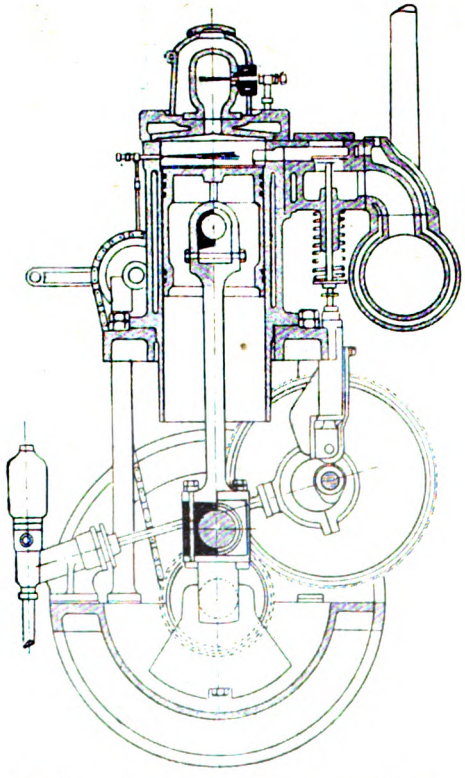


Fig. 3. — Coupe verticale du moteur Alpha.

qu'il résulte de nombreux essais, le moteur semi-Diesel s'accommode parfaitement de l'emploi de ces huiles ; il constitue donc, dès maintenant, le meilleur moyen de production de force motrice pour les colonies.

V. Moteurs semi-Diesel actuels. — L'auteur entreprend ensuite la description détaillée, avec de nombreux dessins, des moteurs de ce type actuellement construits. En raison même de l'importance de ce travail, nous renvoyons le lecteur au mémoire original pour l'étude complète, nous bornant à signaler ici quelques points principaux.

Moteur Alpha (fig. 3). — Le premier fut construit en 1898. Il est à quatre temps ; très répandu sur tout le globe, il existe en deux types : un moteur pour bateaux et un moteur fixe.

Moteur Dan. — Imaginé en 1894, il serait le premier à boule d'allumage construit dans les pays scandinaves. A l'heure actuelle, près de 6 000 moteurs ont été livrés, qui représentent 60 000 ch. Ces moteurs sont à quatre temps et sans injection d'eau.

Moteur June. — Il est à deux temps ; son piston a une forme spéciale empêchant le mélange de l'air aspiré et des gaz d'échappement. Le graissage s'effectue par un appareil central, sous pression. Ces moteurs sont principalement utilisés sur des locomotives.

Moteur Bolinder (fig. 4). — Il présente un dispositif spécial de changement de marche soigneusement décrit par l'auteur.

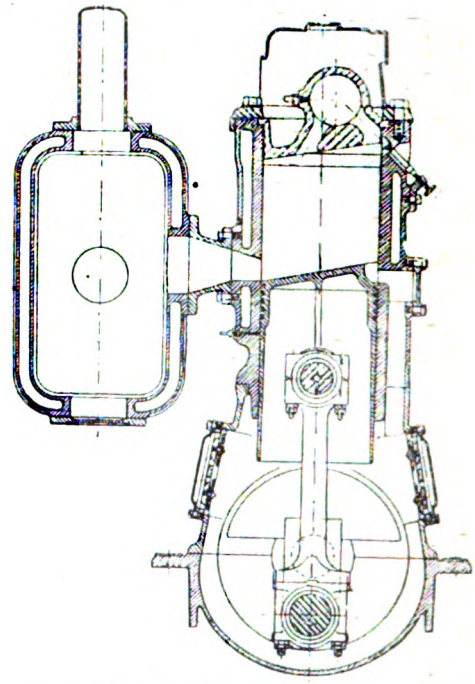


Fig. 4. — Coupe verticale du moteur Bolinder.

De plus, la surface supérieure du piston et le fond du cylindre sont assez inclinés par rapport aux génératrices du cylindre.

Moteur Avance. — On peut noter que la boule d'allumage a la forme d'une poire au sommet de laquelle a lieu l'injection du combustible (fig. 5). La commande de la pompe d'injection est tout à fait particulière.

Les grands moteurs de cette marque ont une mise en route automatique au moyen de l'air comprimé.

Moteur Vickers-Petter. — Ce type est à deux temps : on le construit jusqu'à 500 ch avec 1 à 6 cylindres. Il présente un certain nombre de points intéressants : un brûleur de sûreté rapide et un brûleur de sûreté électrique, un appareil de renversement de marche et des dispositifs de graissage du piston et d'étanchéité de l'arbre à manivelle ; enfin, un régulateur spécial (fig. 6) permet de retarder l'injection du com-

Digitized by Google

bustible quand la charge du moteur est forte et de l'avancer quand elle est faible. Au cours d'essais, on a constaté une

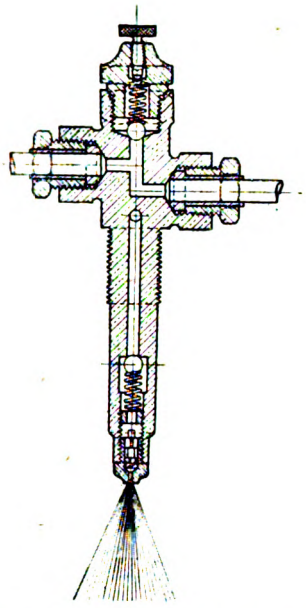


Fig. 5. — Injecteur du moteur Avance.

consommation oscillant entre 0,58 et 0,28 litre par cheval-heure entre le quart et la pleine charge.

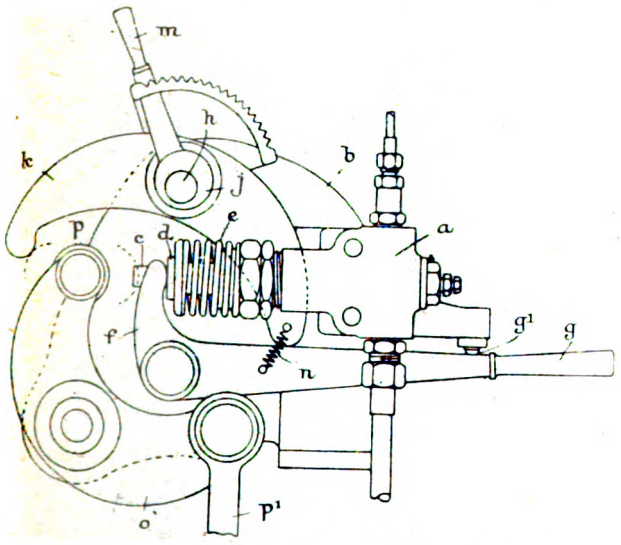


Fig. 6. — Appareil d'injection prématurée du moteur Vickers-Petter pour marche continue sous faible charge.

a, pompe à combustible; b, support; d, collet du ressort de rappel; c, ressort de rappel; f, bras vertical du levier; g, bouton d'arrêt du levier; h, axe du levier oscillant; j, excentrique; k, levier oscillant; m, manette de réglage; n, ressort; o, levier oscillant; p, galet du levier oscillant o; p' barre d'excentrique.

Moteur Robey (fig 7). — Il est du type devenu classique, vertical et à deux temps. La chambre d'allumage, sphérique, est précédée d'une chambre de vaporisation également sphérique et beaucoup plus grande. Deux types d'injecteurs sont utilisés, suivant le liquide employé pour l'alimentation.

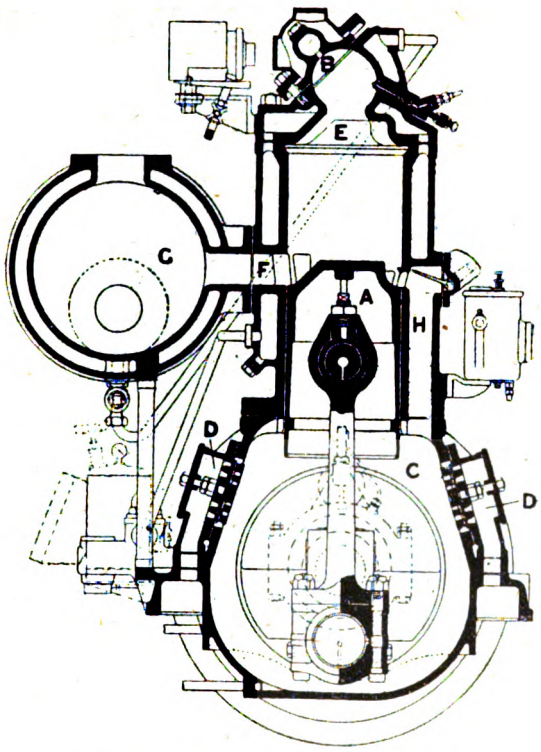


Fig. 7. — Coupe verticale du moteur Robey.

A, cylindre; B, boule d'allumage; C, carter; D, clapet d'aspiration du carter; E, chambre de combustion; F, orifice d'échappement; G, pot d'échappement; H, communication entre carter et cylindre.

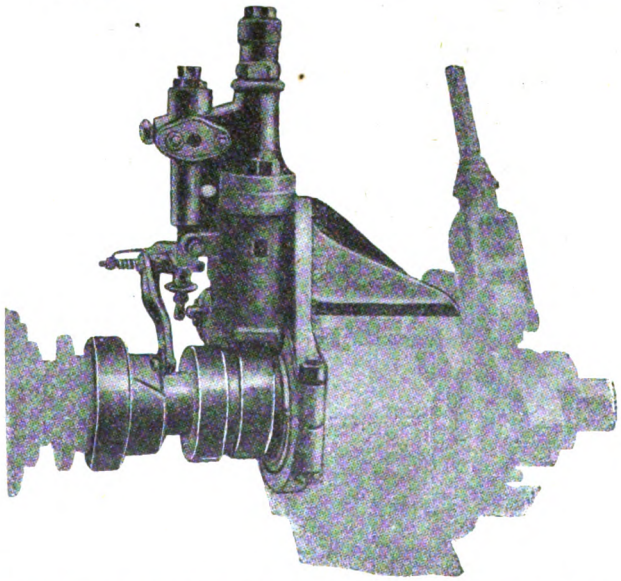


Fig. 8, — Vue d'ensemble de la pompe à combustible « R. E. M. » du moteur Weyher et Richemont.

Moteur Wintherthur. — Construit par une maison suisse, il présente quelques perfectionnements intéressants : le

Digitized by Google

balayage se fait par une pompe spéciale placée à angle droit par rapport au cylindre. Cette disposition procure plu-

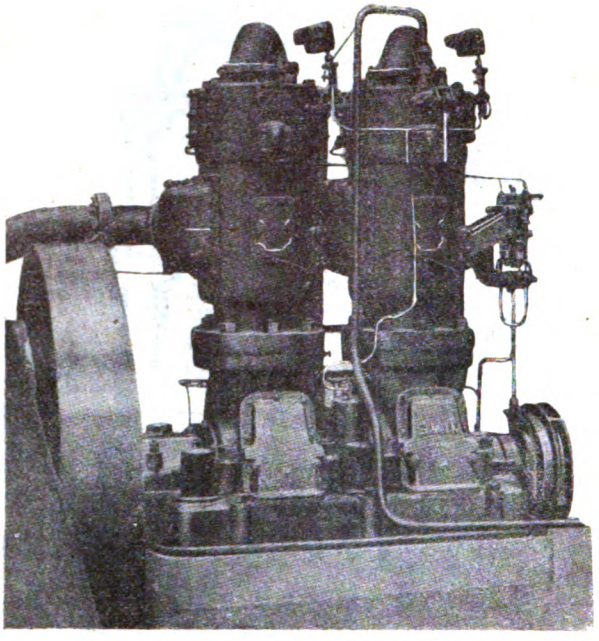


Fig. 9. — Vue du moteur « SMIM » à deux cylindres.

sieurs avantages ; le régulateur agit à la fois sur la quantité de combustible injecté et sur le moment où a

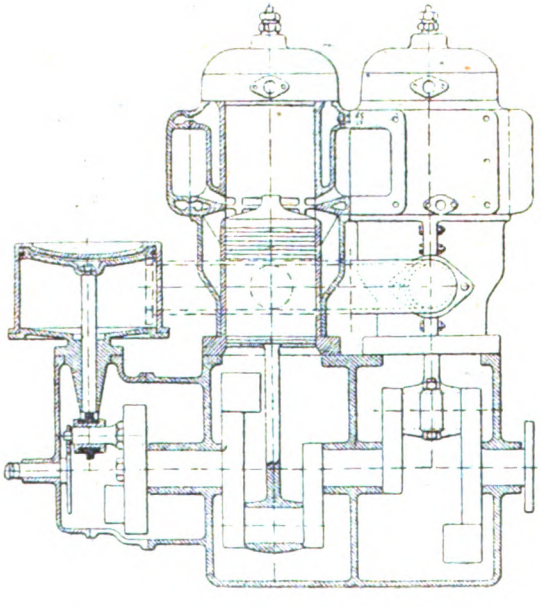


Fig. 10. — Coupe verticale du moteur Peugeot.

lieu l'injection, ceci permet de supprimer l'injection d'eau.

Le *moteur Weyher et Richemond* doit aussi être signalé pour sa disposition générale et pour sa pompe à combustible (fig. 8) étudiée spécialement pour que l'on puisse, même en marche, modifier les conditions de réglage pour les approprier aux différents combustibles. Signalons également un régulateur monté directement sur l'arbre à cames et un dispositif de démarrage spécial.

Moteurs dits « S. M. I. M. » (fig. 9). — La Société des Moteurs à gaz et d'Industrie mécanique, déjà expérimentée dans la construction des moteurs Diesel, s'est efforcée d'obtenir un moteur semi-Diesel dont le rendement thermique fût aussi élevé que possible. Ceci l'a amenée à le faire fonctionner suivant un cycle se rapprochant beaucoup plus de celui du moteur à explosion.

Une disposition spéciale de la chambre de combustion permet de retarder la combustion jusqu'à la fin de la compression, la masse gazeuse s'échauffant lentement et régulièrement.

Ces moteurs se font à deux temps, sans injection d'eau.

Moteur Renault. — Les usines Renault construisent des moteurs à deux temps de 1 à 6 cylindres, chacun de ces derniers ayant une puissance nominale de 40 ch, et un moteur à quatre temps, monocylindrique, de 10 ch. Celui-ci, du type blindé, peut fonctionner, dans les locaux poussiéreux (carrières, chantiers). Ces deux types sont décrits avec quelques détails.

Moteur Peugeot (fig. 10). — Le modèle créé est particulièrement intéressant. Le but poursuivi est, en effet, sensiblement différent de celui que réalisent les autres moteurs, puisqu'il s'agissait d'obtenir un moteur pour automobile, c'est-à-dire d'un poids réduit et d'une mise en marche instantanée.

Le problème a été résolu par la construction d'un moteur à deux temps, à deux cylindres, avec allumage électrique et pompe de balayage indépendante. Avec un taux de compression de 9 kg : cm², on obtient une puissance de 25 ch par

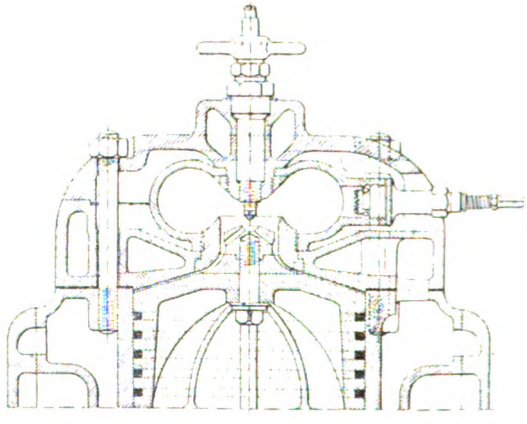


Fig. 11. — Culasse du moteur Peugeot.

cylindre, pour un poids, par cheval, de 5 kg. La culasse a une forme spéciale et le piston porte un prolongement, appelé déflecteur, qui a un rôle particulier dans le brassage de l'air et du combustible (fig. 11).

Le démarrage à froid s'obtient par l'allumage au moyen d'une spirale de platine portée à l'incandescence par une source électrique. Actuellement, le premier moteur construit est en service sur un autobus et fonctionne parfaitement.

Cette étude se termine par le compte rendu du concours créé par l'Automobile Club de France (A. C. F.) en vue de

Digitized by Google

stimuler, en France, la construction des moteurs semi-Diesel soit pour les usages maritimes, soit pour les usages industriels et agricoles. Une bibliographie indique les principales études qui ont été faites soit sur cette catégorie de moteurs, soit sur les huiles végétales utilisables pour leur alimentation. — B. E.

Entretien des lignes à haute tension sans interruption de service [1].

Exposé d'une méthode employée par M. Johnson, ingénieur à Atlanta, Amérique. Le principe de la méthode est le suivant. On sait que la tension ne se répartit pas uniformément entre les isolateurs d'une même chaîne de suspension en bon état. L'isolateur voisin de la ligne est celui qui supporte la tension la plus forte. Les isolateurs suivants subissent une contrainte électrique de plus en plus faible

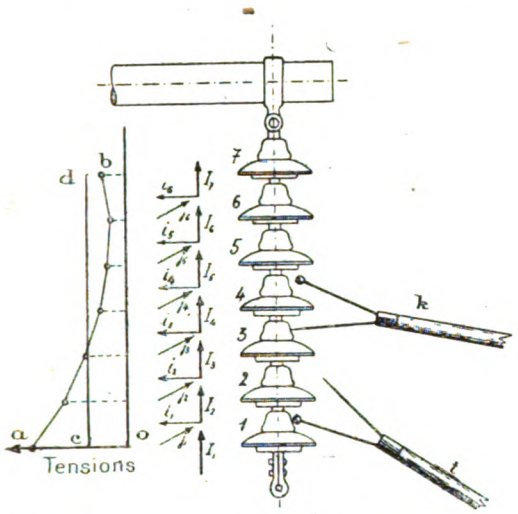


Fig. 1. — Courbe des tensions et essai d'une chaîne d'isolateurs.

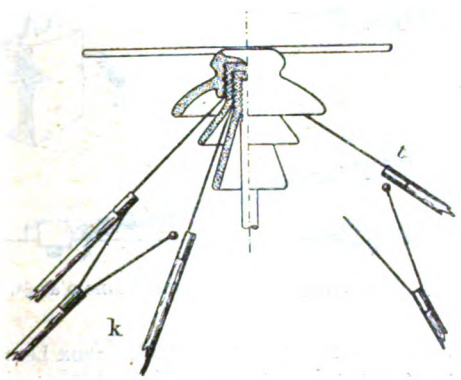


Fig. 2. — Essai d'un isolateur de support.

qui a son minimum à l'avant-dernier. La tension subie par le dernier isolateur, c'est-à-dire le plus proche du pylône, est supérieure à celle de l'avant-dernier. Ce phénomène est clairement représenté par la courbe a-b, figure 1.

Toute défectuosité dans la chaîne modifie cette répartition des tensions. Il va de soi que toute méthode pour la mesure des tensions entre isolateurs donne le moyen de vérifier cette répartition, par conséquent l'état électrique, normal ou défectueux, de la chaîne.

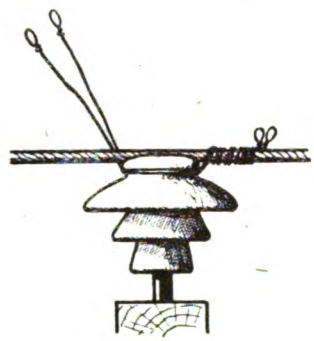


Fig. 3. — Attache du fil de ligne.

Or, si de l'armature métallique d'un isolateur on approche, sans toucher, un objet conducteur isolé, une série de petites étincelles vont jaillir entre les armatures du condensateur ainsi formé. L'intensité de ces étincelles, donc l'intensité du bruit qu'elles produisent, croît avec la tension.

De plus, si on tente de réunir les deux armatures d'un isolateur au moyen d'un excitateur métallique quelconque, il jaillit une étincelle de décharge assez violente si l'isolateur est sain et d'autant plus bruyante que la tension est plus élevée.

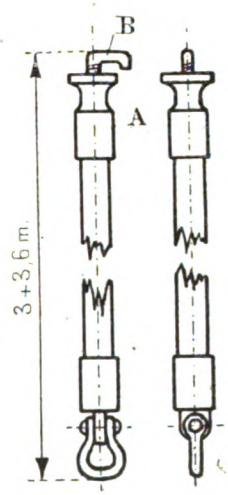


Fig. 4.
Perche à ligatures.

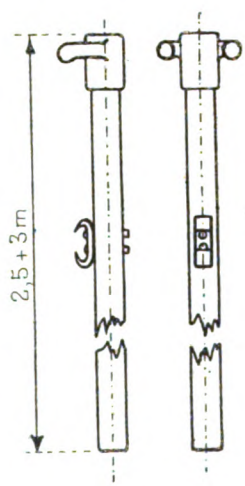


Fig. 5.
Perche avec pince spéciale.

Ces deux remarques forment la base technique du procédé Johnson. Ainsi que le montre la figure précédente, on peut faire l'essai d'une chaîne d'isolateurs au moyen d'une perche terminée par un excitateur spécial.

On commence par toucher l'armature d'un isolateur

[1] J. Ganguillet. *Bulletin de l'Association suisse des Electriciens*, mars 1922, t. XIII, p. 85-91, 4000 mots, 9 figures.

Digitized by Google

extrême de la chaîne, avec la petite boule, qu'on éloigne ensuite lentement. On répète successivement l'opération sur tous les isolateurs. On vérifie ainsi, à l'oreille, si c'est bien

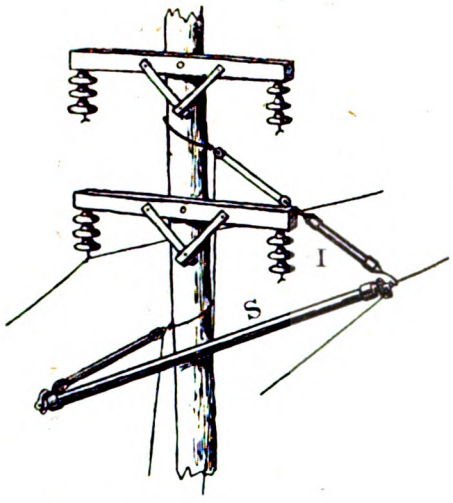


Fig. 6. — Le fil de ligne est éloigné.

l'avant-dernier isolateur coté pylône qui donne le moindre bruit.

En pratique, le personnel arrive à se « faire l'oreille » de

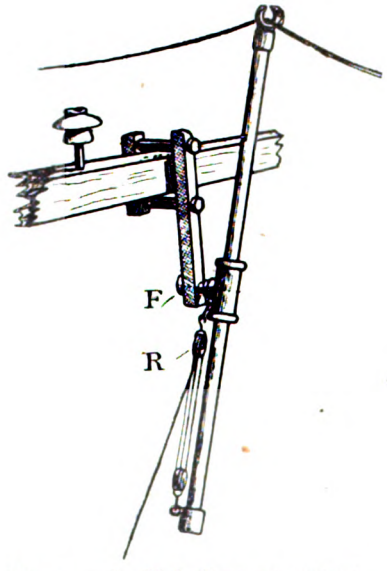


Fig. 7. — Le fil de ligne est soulevé.

telle façon qu'il lui suffit de faire cet essai sur l'avant-dernier isolateur, nommé l'isolateur muet, ou silencieux.

Si une chaîne annonce une répartition anormale des tensions, on essaie alors tous les isolateurs. Ce n'est qu'après s'être assuré de l'état probable de chacun d'eux qu'on procède au deuxième essai, en court-circuitant chaque isolateur par l'excitateur Johnson. Si un isolateur, au lieu d'une décharge franche, se révèle plus ou moins silencieux, c'est que ses deux armatures, communiquant en partie à travers la porcelaine, sont à des potentiels trop voisins. On comprend le danger qu'offrirait l'essai d'une chaîne à l'excitateur avant

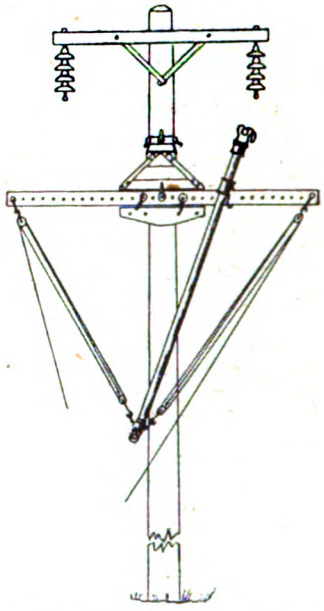


Fig. 8. — Traverse auxiliaire.

l'essai par la petite boule : au cas de plusieurs isolateurs défectueux, l'excitateur produirait une mise à la terre franche.

Ce procédé peut aussi bien s'appliquer à des isolateurs à jupes, ainsi que le montre la figure 2.

Le reste de l'article est consacré à la description du matériel et des opérations à mettre en œuvre pour remplacer, en

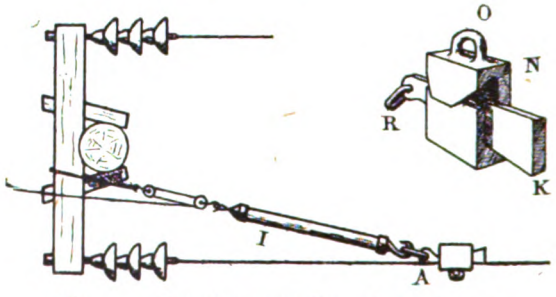


Fig. 9. — Remplacement d'une chaîne d'arrêt.

service, un isolateur ou une chaîne défectueux Les figures 3 4, 5, 6, 7, 8 et 9 représentent ce matérel et la manière de le disposer. L'opération consiste : 1° à soulager le fil de ligne par un système provisoire, ce qui libère l'isolateur; 2° à enlever, puis remplacer celui-ci. — L. C.

Digitized by Google

SECTION ÉCONOMIQUE & FINANCIÈRE

Assemblées générales

Société des Forges et Ateliers de Constructions électriques de Jeumont.

ASSEMBLÉE GÉNÉRALE ORDINAIRE DU 15 JUIN 1922.

Durant l'exercice 1921, les usines ont été très bien alimentées. Si certaines divisions ont été plus ou moins affectées par la crise industrielle, dans l'ensemble l'activité a été très grande puisque le chiffres des factures créées dépasse 100 millions de francs, et pour les premiers mois de l'exercice courant, malgré la diminution des prix, le chiffre total des commandes enregistrées est supérieur à celui qui avait été inscrit à la même époque en 1921.

En vue de participer dans les meilleures conditions possibles aux travaux d'électrification des lignes d'intérêt général, la société a constitué un consortium avec la Société Schneider et Cie (Le Creusot) et la Compagnie française pour l'Exploitation des Procédés Thomson-Houston. Ce consortium vient de recevoir les commandes suivantes : 80 locomotives à marchandises P.-O., 80 grandes automotrices P.-O., 1 locomotive P.-L.-M. et 30 locomotives Etat. La câblerie est bien pourvue de commandes, pour les câbles de toutes espèces; elle a, entre autres, exécuté avec succès des commandes très importantes de câbles souterrains à très haute tension (60 000 v) destinés à l'Union d'Electricité de Paris.

Pour ce qui concerne le règlement des dommages de guerre, Jeumont a reçu, depuis la clôture de l'exercice, un certificat de justification d'emploi, modèle K, du montant de 25544363 fr, en remboursement de débours faits pour la reconstitution. Cette somme sera payée en trente annuités, qui ont servi de garantie pour l'émission de 25 millions de francs d'obligations. Grâce au crédit dont jouit la société, le placement de ces obligations a pu être fait sans affiliation à aucun groupement.

Malgré la crise qui a sévi en 1921, les valeurs du porte feuille de la société, qui se monte à près de 25 millions de francs ont donné des dividendes intéressants. C'est ainsi que les Ateliers de Constructions électriques de Charleroi distribuent 17,50 fr par action, la Société Electricité et Gaz du Nord 10 fr aux actions de priorité, 16 fr aux actions de jouissance et 66 fr aux parts de fondateur.

La Société de Jeumont possède une participation de 35 pour 100 dans la Société d'Etudes et de Recherches pétrolifères et la Société de Recherches d'hydrocarbures. Les sondages opérés ont permis de rencontrer des nappes de gaz naturel à pouvoir calorifique très riche, d'une production journalière de plus de 100 000 m³. Cette découverte donne les meilleurs espoirs pour la recherche du pétrole qui se poursuit.

Les recettes, produits du portefeuille et divers s'élèvent à 14615064,95 fr.

Les dépenses, frais généraux, impôts et amortissements atteignent 3668861,37 fr.

Le solde à répartir est de 11057 203,58 fr.

Il est prélevé 5 pour 100 pour la réserve légale, un premier dividende de 4 pour 100 aux actions, 441 179,10 fr au Conseil d'Administration, un deuxième dividende de 15 fr aux actions, un dividende de 47,84 aux parts bénéficiaires.

Le report à nouveau est de 54663,06 fr.

Le dividende a été ainsi fixé à 25 fr bruts par action contre 22,50 fr l'année dernière, et 47,84 fr par part bénéficiaire. contre 46,15 fr l'année dernière.

BILAN AU 31 DÉCEMBRE 1922.

Actif.

	fr
Frais de constitution	1 855 993,20
Portefeuille	24 204 502,01
Premier établissement	71 660 329,66
Brevets	1 »
Mobilier siège social	1 »
Approvisionnements, travaux en cours	86 543 030,70
Caisses et banques	7 010 018,35
Débiteurs divers	17 126 670,59
Dommages de guerre	28 667 677,10
	267 068 161,61

Passif.

	fr
Capital	80 000 000 »
Réserve légale	1 293 505,84
— extraordinaire	5 255 895,55
Fonds d'amortissement et renouvellement	19 800 000 »
Fonds de prévoyance	2 000 000 »
Créditeurs divers	38 513 555,89
Provisions reçues sur travaux en cours	45 498 959,74
Versement à effectuer sur titres	502 000 »
Versement Office reconstruction industrielle	63 146 943,01
Profits et pertes	11 057 203,58
	267 068 161,61

Société parisienne pour l'Industrie des Chemins de fer et des Tramways électriques.

ASSEMBLÉE GÉNÉRALE ORDINAIRE DU 15 JUIN 1922.

Au cours de l'exercice écoulé, il a été donné un grand développement au service des travaux; ses différents départements, installation de réseaux et de lignes à haute et basse tension, entreprises de pose de voies, raccordements industriels, équipements de lignes de chemins de fer, ont tous, chacun dans sa spécialité, enregistré d'importants marchés qui s'exécutent dans des conditions satisfaisantes. La société a été chargée de travaux d'entreprises, notamment pour la Compagnie des chemins de fer du Midi, la Commission technique des Sociétés d'Energie électrique, la Compagnie du Chemin de fer métropolitain de Paris, la Société du Gaz de Paris, les Sociétés de Distribution Electricité et Gaz du Nord, Société d'Electricité de la Région de Valenciennes-Anzin, Gaz de Reims, etc.

Le développement des entreprises électriques, auquel l'Administration et le Parlement sont très favorables, aussi bien pour l'électrification des chemins de fer que pour la généralisation sur tout le territoire des réseaux de distribution d'énergie, profitera directement à la société en même temps qu'il améliorera la situation de ses filiales et, par là, le revenu et la valeur capitalisée de son portefeuille.

Les chemins de fer d'intérêt local ont vu leur position financière consolidée par les nouvelles conventions passées avec les pouvoirs publics; mais, pour ceux-là même qui bénéficient dès l'exercice 1921 de plus-values longtemps attendues, c'est seulement au cours de l'année 1922 qu'elles se traduiront en dividendes venant grossir les revenus du portefeuille. Il en résulte que l'ensemble des produits afférents à l'exercice 1921 ne surpasse que de peu le total réalisé en 1920.

Digitized by Google

Les bénéfices, intérêts divers et revenus du portefeuille se sont élevés à 2 109 647 fr.

Les frais généraux, impôts et contributions atteignent 354 177 fr.

Il est prélevé une provision pour pertes éventuelles sur affaires en Russie de 2 650 000 fr.

Le solde créditeur atteint 1 970 438 fr auxquels s'ajoute le report précédent, 2 864 968 fr.

Ce solde se répartit : 5 pour 100 à la réserve légale. 4 pour 100 de dividende au capital versé.

Le report à nouveau est de 40 280,91 fr.

Le dividende est payable depuis le 1er juillet à raison de 9 fr pour les actions nominatives et de 6 fr pour les actions au porteur.

BILAN AU 31 DÉCEMBRE 1921.

Actif.

	fr
Portefeuille-titres	48 342 792,55
Immeuble	1 200 000 »
Mobilier	1 »
Caisses, banquiers et débiteurs divers	8 659 703,09
Participations et entreprises	1 240 799,14
Compte d'ordre :	
Titres à libérer	143 250 »
Actions de cautionnements	256 250 »
	59 842 795,78

Passif.

	fr
Capital	50 000 000 »
Réserve légale	1 661 313,13
Provision pour pertes éventuelles en Russie	2 650 000 »
Créditeurs divers	3 111 945,53
Coupons restant à payer	49 598,85
Compte d'ordre (avec contre-partie à l'actif)	399 500 »
Profits et pertes	1 970 438,27
	59 842 795,78

Gaz et Electricité de Valence.

ASSEMBLÉE GÉNÉRALE ORDINAIRE DU 28 SEPTEMBRE 1922.

Les installations gaz et électricité ont fonctionné sans incident pendant l'exercice.

En ce qui concerne le gaz, la société a opéré la transformation d'un de ses fours à gazogène, procédé au remplacement des canalisations anciennes devenues défectueuses et poursuivi la recherche des fuites.

Le développement de la distribution d'électricité a été exécuté conformément au programme des travaux de premier établissement. Deux nouveaux postes de transformation avec les réseaux secondaires correspondants ont été mis en service; il a été effectué de nombreux prolongements des canalisations primaires et secondaires.

Pendant l'été dernier, une sécheresse anormale a réduit dans des proportions exceptionnelles les disponibilités d'énergie électrique du fournisseur de courant de la compagnie. Malgré l'emploi intensif de sa centrale à vapeur pendant cette période, il a été nécessaire d'imposer des restrictions à la clientèle industrielle.

Les prix des houilles ont baissé par rapport à l'exercice antérieur; mais les prix des sous-produits ont baissé plus rapidement encore et les difficultés d'écoulement des cokes, surtout au cours du premier semestre, ont été considérables.

Au cours de l'exercice, la compagnie a continué à pratiquer à titre provisoire les relèvements des tarifs gaz et électricité autorisés par la ville de Valence.

Elle a poursuivi en même temps, de concert avec elle, les études en vue de déterminer les tarifications définitives gaz et électricité lui permettant de faire varier les prix de vente en fonction des facteurs économiques tout en respectant l'ensemble des charges contractuelles envers la ville déterminées à la convention du 31 août 1903. Ces longues négociations ont abouti le 15 janvier 1922 à la signature d'un nouvel avenant approuvé par le préfet le 29 mai dernier.

Le prix de vente du gaz est donné par une formule dans laquelle interviennent les variations par rapport au prix de 1914, du prix des houilles, des sous-produits et de la main-d'œuvre.

En outre, la ville de Valence s'est réservé la faculté de renoncer en faveur des consommateurs à une partie de la redevance contractuelle que la société lui doit sur les recettes.

En ce qui concerne l'électricité, le prix de base, établi en fonction de l'index économique basse tension de 130, conformément au décret du 28 juin 1921, varie en fonction des nouvelles valeurs de l'index économique basse tension fixé périodiquement par le ministre des Travaux publics.

Le développement commercial a été satisfaisant. Le nombre des abonnés gaz est passé de 4 164 à 4 327, celui des abonnés électricité est passé de 2 859 à 3 454.

Les recettes de vente de gaz ont passé de 991 315,48 fr à 1 045 345,03 fr.

Les recettes de vente d'énergie électrique de 497 227,25 fr à 581 967 fr.

L'augmentation totale des ventes a donc été de 138 769,30 fr contre une augmentation de 575 741,63 fr pour l'année précédente.

La vente des sous-produits se présente avec une diminution de 738 117,43 fr provenant principalement de l'avilissement du prix du coke; par contre, en raison de la diminution du prix des houilles, les dépenses d'exploitation sont en diminution de 578 967,59 fr.

La redevance due à la ville de Valence pour l'exercice courant s'élève à 77 843,70 fr.

Les recettes, locations, ventes et revenus divers ont atteint 2 193 765,09 fr.

Les dépenses, frais généraux, redevances, impôts et contributions, s'élèvent à 2 067 129,35 fr.

Le bénéfice est de 126 635,74 fr auxquels s'ajoute le report précédent, 21 973,40 fr.

Ce bénéfice se répartit : 5 pour 100 à la réserve légale. 33 333,34 fr d'amortissement au capital, 25 000 fr au fonds de réserve extraordinaire, 6,5 pour 100 de dividende aux actions, 4 322,06 fr aux tantièmes statutaires.

Le report à nouveau est de 20 871,96 fr.

Le dividende est payable depuis le 30 septembre 1922 contre remise du coupon n° 8 et sous déduction de l'impôt de transmission à raison de 13,12 fr aux actions de priorité nominatives, 16,25 fr aux actions ordinaires nominatives et 15,50 fr aux actions ordinaires au porteur.

BILAN AU 31 MARS 1922.

Actif.

	fr
Actionnaires	125 000 »
Frais de constitution et frais de premier établissement	1 »
Matériel et outillage	1 »
Dépenses installations gaz	319 036,86
Dépenses installations électricité	665 075,31
Charbons et sous-produits	47 227,89
Marchandises en magasin	75 537,86
Matériel en location	253 329 »
Caisses et banques	269 525,85
Bons de la Défense nationale	250 000 »
Abonnés et débiteurs divers	198 457,84
Impôts de finances	6 742,52
	2 210 035,13

Passif.

	fr
Capital :	
2 000 actions de priorité de 250 fr	500 000 »
2 000 actions ordinaires de 250 fr	500 000 »
Fournisseurs et créanciers divers	392 779,97
Cautionnements des abonnés	82 358 »
Réserve légale	38 103,96
Fonds de réserve extraordinaire	100 000 »
Fonds d'amortissement du capital	266 666,78
Provision pour travaux différés	176 720,05
Coupons actions restant à payer	4 807,23
Profits et pertes reportés	21 973,40
Profits et pertes de l'exercice	126 636,74
	2 210 035,13

Digitized by Google

SECTION DE LÉGISLATION

Législation, jurisprudence, réglementation

Projet de loi concernant les caisses de secours et de retraites des établissements industriels et commerciaux.

M. Albert Peyronnet, ministre du Travail, a été autorisé à déposer un projet de loi décidant la création de statuts-types pour les caisses privées non soumises à la loi sur les retraites ouvrières. En voici les points essentiels.

I. — L'organisation des caisses de retraites des établissements privés de l'industrie et du commerce est actuellement fort confuse et leur régime légal très incertain ; aussi la plupart des organisations, édifiées par les groupements particuliers des usines et maisons de commerce, sont-elles sans existence légale régulière.

On peut ramener ces caisses de retraite à quelques types principaux :

1° *Les caisses de secours et de prévoyance constituant des retraites alimentées par les seuls versements patronaux.* Ces caisses ont un caractère philanthropique et jouissent d'un régime de pleine liberté, sous réserve des dispositions de la loi du 27 décembre 1895. D'après ces dispositions, les chefs d'entreprises peuvent déposer à la Caisse des Dépôts et Consignations les sommes affectées aux caisses de prévoyance et qui confèrent aux bénéficiaires un droit de gage sur lesdites sommes ; d'autre part, en cas de faillite ou de liquidation de l'entreprise, les participants de la caisse de prévoyance sont admis de plein droit à réclamer la restitution de toutes les sommes non utilisées que le chef de l'entreprise s'est engagé à verser au profit de la caisse. Ces caisses sont ordinairement pourvues d'un fonds de dotation, provenant des libéralités du chef d'entreprise et d'un fonds spécial constitué par des prélèvements sur les bénéfices de l'entreprise. Les retraites sont constituées par les revenus de ces fonds, ou bien par les revenus du solde créditeur des comptes individuels de chaque participant formés de leur part dans les bénéfices sociaux et portés chaque année à leur compte, revenus complétés par des allocations de l'établissement. Ce dernier système est celui de plusieurs caisses de prévoyance des employés de sociétés d'assurances et d'établissements de crédit.

2° *Les caisses de prévoyance et de retraites alimentées par les versements des patrons et des ouvriers et employés*, qui peuvent avoir la personnalité civile et fonctionner régulièrement en adoptant l'un des trois systèmes suivants :

a) Caisses de retraites patronales ou syndicales comptant au moins 2 000 adhérents assujettis à la retraite obligatoire de la loi du 5 avril 1910 et autorisées par décret. Ces caisses sont soumises à une réglementation spéciale fixée par la loi du 5 avril 1910 ; un conseil d'administration, formé de six membres dont trois représentants de l'entreprise et trois représentants des assurés, dispense des versements prévus par la loi de 1910, si les retraites prévues sont au moins égales à celles de ladite loi ; compte individuel pour chaque adhérent, capitalisation obligatoire des versements des employés sans limite et des versements du patron jusqu'à concurrence de la contribution légale obligatoire, gestion des fonds par la Caisse des Dépôts et Consignations suivant les placements déterminés par la loi. Certaines caisses de retraites, ayant moins de 2 000 membres, antérieures à la loi de 1910, ont été autorisées par arrêté ministériel après avoir justifié que leurs retraites à échoir étaient au moins égales à celles des retraites obligatoires de la loi de 1910 et qu'elles avaient des réserves mathématiques suffisantes ;

b) Caisse de retraite enregistrée par le Ministère du Travail et régie par la loi du 17 mars 1905 sur les sociétés d'assurances sur la vie, avec obligation de faire les versements prescrits par la loi du 5 avril 1910 à une caisse de retraites autorisée pour les assurés assujettis à la retraite obligatoire ;

c) Caisse de retraite faisant application des retraites ouvrières de la loi de 1910 auxquelles l'établissement ajoute des retraites spéciales, constituées par des versements complémentaires des intéressés et par l'établissement sur livret individuel, soit à la Caisse nationale des retraites, soit à une entreprise d'assurances sur la vie régulièrement enregistrée.

En dehors de ces trois systèmes un établissement industriel ou commercial privé peut avoir un règlement de retraites faisant application pure et simple de la loi du 5 avril 1910, sur les retraites ouvrières.

Enfin les groupements ouvriers appartenant à l'industrie privée ou au commerce peuvent organiser entre eux une société de secours mutuels.

Les sociétés de secours mutuels, dont le régime légal a été établi par la loi du 1er avril 1898 (modifiée par les lois des 31 mars 1903, art. 63, 2 juillet 1904 et 5 décembre 1908), peuvent revêtir trois formes différentes : les sociétés libres, les sociétés approuvées, et les sociétés reconnues comme établissements d'utilité publique. Quelles que soient leur forme, les sociétés de secours mutuels doivent être pourvues d'un conseil d'administration.

II. — Les *sociétés libres* doivent déposer à la préfecture ou sous-préfecture deux exemplaires des statuts et de la liste des noms et adresses des administrateurs. Elles ont la libre disposition de leurs fonds et de leurs ressources, leur capacité est limitée (faire des actes de simple administration, recevoir avec l'autorisation du préfet des dons et legs mobiliers et immobiliers à charge d'aliéner ces derniers, posséder des immeubles affectés à leurs services, ester en justice) et elles n'ont pas droit aux subventions pécuniaires de l'Etat.

Les *sociétés approuvées* par arrêté du ministre de la Prévoyance sociale ont une capacité juridique plus étendue que les sociétés libres (recevoir des dons et legs immobiliers, posséder, acquérir, vendre ou échanger des immeubles jusqu'à concurrence des trois quarts de leur avoir spécial) ; elles bénéficient de certaines immunités fiscales (exemption pour

Digitized by Google

ous leurs actes de droits de timbre et d'enregistrement) et du concours financier de l'Etat, consistant en subventions, majoration de pensions, et bonification du taux d'intérêt de leurs fonds déposés à la Caisse des Dépôts et Consignations. Par contre, des obligations particulières leur sont imposées relativement aux placements de leurs fonds (effectués en rentes sur l'Etat, valeurs garanties par l'Etat; en obligations des départements, communes, Crédit Foncier et Chemins de fer, et déposés à la Caisse des Dépôts et Consignations); à la disposition de leur fonds social, à la quotité des indemnités journalières, des pensions de retraites et des capitaux assurés, limités respectivement à 5 fr, 360 fr et 3000 fr. Elles sont tenues d'adresser chaque année au ministre de la Prévoyance sociale le compte rendu de leur situation morale et financière (indépendamment de la statistique de leur effectif et des maladies de leurs membres que toutes les sociétés doivent fournir), et de communiquer leurs livres et pièces comptables aux préfets et sous-préfets ou leurs délégués.

Les sociétés peuvent être reconnues *d'utilité publique* par décret qui fixe les conditions dans lesquelles elles peuvent acquérir et vendre des immeubles. Il y aurait encore beaucoup à dire sur le fonctionnement de ces organisations, mais il semble que, dans cette étude déjà trop longue et cependant nécessaire, tout l'essentiel ait été dit.

FERNAND-JACQ,
Docteur en droit,
Avocat à la Cour d'Appel de Paris.

Sur la non-application de la taxe sur le chiffre d'affaires aux frais de transport des marchandises.

Le « Journal officiel » du 10 septembre 1922 publie, p. 2573 des « Débats parlementaires, Chambre des Députés », la question et la réponse suivantes :

14484. — M. Battle, député, demande à M. le ministre des Finances si la taxe sur le chiffre d'affaires est due sur les frais de transports lorsque le vendeur a indiqué la totalité de la somme, port compris, que doit débourser l'acquéreur, et qu'il a pris soin de préciser que cette indication a été seulement donnée pour permettre au client de connaître le prix de revient de la marchandise et que, d'autre part, il a été expressément convenu d'avance que les frais de transport resteraient à la charge de l'acheteur et qu'enfin, la facture porte la mention « pris gare et départ ». (Question du 6 juillet 1922.)

Réponse. — Réponse négative. Le montant de la vente qui, aux termes de l'article 62 : 1° de la loi du 25 juin 1920, doit servir de base à la liquidation de l'impôt, ne comprend, en effet, que les sommes que doit débourser l'acquéreur pour obtenir livraison de la marchandise dans les conditions définies par le contrat conclu avec le vendeur. Par suite, lorsque la marchandise est vendue « pris gare et départ », les frais de transport que le vendeur porte à titre d'indication sur sa facture sont affranchis de l'impôt.

Sur l'application de la taxe sur le chiffre d'affaires aux petits artisans travaillant tantôt comme salariés tantôt comme entrepreneurs.

Le « Journal officiel » du 22 juillet 1922, publie, page 2542 des « Débats parlementaires, Chambre des Députés », la question et la réponse suivantes. Nous les reproduisons, d'une part, parce que le cas envisagé pour un ouvrier maçon se rencontre souvent dans l'industrie électrique où bon nombre de monteurs électriciens travaillent tantôt comme salariés tantôt, avec l'aide de quelques camarades, comme entrepreneurs; d'autre part, parce que cet exemple fait ressortir combien il est difficile aux ouvriers travaillant dans ces conditions d'établir une déclaration exacte pour leur chiffre d'affaires et pour le revenu de leur travail et l'impossibilité matérielle où se trouvent les agents du fisc de contrôler la sincérité de cette déclaration.

14329. — M. Paul Bernier (Indre-et-Loire), député, demande à M. le ministre des Finances si un petit artisan, un maçon par exemple, qui travaille, tantôt à l'entreprise, tantôt, le plus souvent, à la journée, avec un ou deux ouvriers, doit payer 1,10 sur la journée qu'il fait ainsi et sur celle de ses ouvriers. (Question du 27 juin 1922.)

Réponse. — Dès l'instant que le maçon visé par l'honorable député travaille avec des ouvriers embauchés par lui, il fait acte d'entrepreneur et effectue ainsi une opération commerciale; il est, par suite, redevable de l'impôt sur le chiffre d'affaires et cet impôt doit être liquidé sur l'intégralité de la rémunération convenue avec les particuliers pour le compte desquels il travaille, sans aucune déduction des salaires payés aux ouvriers occupés par le redevable.

Sur l'application de la taxe sur le chiffre d'affaires aux marchandises importées en France.

Le « Journal officiel » du 22 juillet 1922 publie, page 2537 des « Débats parlementaires, Chambre des Députés », la question et la réponse suivantes :

13845. — M. Anquetil, député, expose à M. le ministre des Finances qu'un jugement récent du tribunal de Rouen ayant condamné l'administration de la douane à rembourser à un contribuable le décime supplémentaire qu'elle réclame au titre de la taxe d'importation en percevant 1,10 pour 100, alors que l'article 72 de la loi du 25 juin 1920 prévoit 1 pour 100, cette administration s'est pourvue en cassation, et demande : 1° quelles sont les mesures à prendre dès maintenant pour sauvegarder les droits des intéressés, en attendant la décision de la cour suprême; 2° si chaque intéressé doit faire sa demande lui-même; si un syndicat ou un groupement de commerçants peut faire une demande collective de remboursement au nom de ses membres; 3° si la demande de remboursement doit être faite sur une feuille de papier timbré à 2 fr ou par exploit d'huissier; 4° si, pour les groupements, il doit y avoir autant de demandes de remboursement qu'il y a d'intéressés. (Question du 1er juin 1922.)

Réponse. — La perception d'un décime en sus de la taxe d'importation étant, ainsi que l'explique la réponse à la question écrite n° 13041, posée par M. Grinda, député (*Journal officiel* du 14 avril 1922, p. 1487), conforme à l'esprit autant qu'à la lettre de l'article 72 de la loi du 25 juin 1920, l'administration ne saurait faire état, à l'encontre de cette interprétation, d'un jugement isolé et elle ne pourra que tenir pour non avenues les demandes de remboursement qui lui parviendront. Bien que les intéressés soient seuls juges des mesures à prendre pour sauvegarder leurs droits, il est rappelé qu'aux termes de l'article 25 du titre XIII de la loi des 6-22 août 1791, une demande en justice constitue le moyen normal d'interrompre la prescription biennale prévue par ce texte. Cette demande ne peut émaner que des déclarants eux-mêmes ou de leurs mandants; car, en matière de remboursement de droits, les groupements ou syndicats n'ont aucune qualité pour intervenir.

Digitized by Google

REVUE GÉNÉRALE DE L'ÉLECTRICITÉ

Organe de l'Union des Syndicats de l'Électricité

réunissant

LA REVUE ÉLECTRIQUE 1904-1916 — LA LUMIÈRE ÉLECTRIQUE 1879-1916

DIRECTEUR : J. BLONDIN, Agrégé de l'Université.

6e ANNÉE. — TOME XII. — N° 18. — 4 NOVEMBRE 1922.

Chronique. — A propos de l'emploi des imaginaires en électrotechnique. — Bibliographies : Principles of Radio Communication (Principes de radiotélégraphie et radiotéléphonie, par J.-H. MORECROFT ; La physique et la métaphysique des théories d'Einstein, par Daniel BERTHELOT ; Les axiomes de la mécanique, note sur la propagation de la lumière, par Paul PAINLEVÉ ; Le bilan de l'Etatisme, par A. DELEMER ; Guide du monteur électricien, par R SWYNGEDAUW ; La technique du métier d'électricien, par Raoul CAILLAUT et Camille BAUD, p. 657-660.

Section scientifique et technique. — Sur la production des harmoniques 3 dans les machines à induction à charge déséquilibrée (*suite et fin*), par Louis-G. STOKVIS, p. 661. — Revues, analyses et informations : Décharge d'un condensateur à travers un circuit gazeux, p. 670 ; La radiotélégraphie, p. 671 ; Deux méthodes rapides pour le calcul des lignes à courant continu, p. 672.

Section industrielle. — Sur l'utilisation de l'énergie des marées, par A. DEFOUR, p. 673. — Sur la mise à la terre du neutre d'un réseau triphasé, par Ch. LEDOUX et M. KOECHLIN, p. 685. — Sur l'organisation des économies de combustibles dans l'industrie, p. 688. — Revues, analyses et informations : L'électrification du tronçon Lucerne-Chiasso de la ligne du Saint-Gothard des chemins de fer fédéraux suisses, p. 693 ; Quelques réflexions sur l'accumulateur à hydrate de plomb, p. 696 ; Les alternateurs monophasés de la centrale de Ritom des chemins de fer fédéraux suisses, p. 698.

Section économique et financière. — Assemblées générales : Compagnie française pour l'Exploitation des Procédés Thomson-Houston, p. 699.

Section de législation. — Sur l'application des tarifs maxima prévus aux cahiers des charges des distributions d'énergie, par A. FORIS, p. 701. — Législation, jurisprudence, réglementation : Projet de loi concernant l'extension des attributions du Bureau international des Poids et Mesures aux unités électriques, p. 704 ; Sur la non application de l'impôt sur le chiffre d'affaires aux frais de transport lorsque ce transport est effectué par des voitures du vendeur, p. 704.

A propos de l'emploi des imaginaires en électrotechnique. — Nous recevons à ce sujet la lettre suivante de M. Lauriol :

Dans la « R. G. E. » du 7 octobre 1922, t. XII, p. 499, M. Boucherot malmène quelque peu les imaginaires. Qu'il nous soit permis d'en prendre la défense.

Les mots *réel* et *imaginaire* ont des sens assez différents dans le langage des mathématiques et dans le langage courant. Il est injuste d'appliquer aux *imaginaires* des mathématiciens l'appréciation péjorative que comporte le mot *imaginaire* dans le langage courant. En mathématiques, on peut dire que tout est imaginaire, personne n'ayant jamais rencontré ni un point, ni une droite, ni le nombre π, ni le nombre e. Les quantités qualifiées d'imaginaires par les mathématiciens ne sont, en fait, ni plus ni moins réelles, ni plus ni moins imaginaires que les quantités algébriques simples, si nous prenons ces mots dans leur sens courant.

Le calcul des imaginaires, comme le calcul vectoriel, donne plus de concision, au prix d'une attention plus grande. Peut-être les fautes de calcul y sont plus faciles. Faudrait-il renoncer aux transports par automobile parce qu'une automobile est plus difficile à conduire qu'une brouette ?

Au cours des calculs, y voit-on plus clair avec les quantités algébriques simples qu'avec les imaginaires ? Affaire d'appréciation personnelle. En ce qui nous concerne, nous voyons aussi bien la position d'un point sur un plan, prise en soi, abstraction faite des deux coordonnées, que les deux coordonnées, rectangulaires ou polaires définissant cette position. La multiplication des imaginaires, par multiplication des rayons vecteurs, addition des angles vecteurs, apparaît à l'esprit aussi clairement, plus simplement que les diverses opérations qu'elle résume.

Une cause de la méfiance qu'inspirent les imaginaires est le nom malheureux dont un parrain maladroit les a affublées à leur naissance. Le débutant en reçoit une impression fâcheuse que seule une étude plus approfondie peut dissiper. Cette impression nous l'avons ressentie ; elle a duré plus longtemps qu'il n'aurait fallu. La clarté s'est faite le jour où nous est tombé sous la main un ouvrage employant la dénomination de *quantités complexes*.

Il est aujourd'hui trop tard pour changer de langage ; mais combien on eût été mieux inspiré en s'en tenant à cette dénomination ou à toute autre analogue.

Une autre cause de méfiance est la façon dont les imaginaires sont parfois présentées au débutant.

Il a acquis graduellement la notion des quantités algébriques simples, entières, fractionnaires, incommensurables, positives et négatives, et a appris que tout carré est positif. Vient alors l'équation du second degré qui, si l'on s'en tient là, peut avoir ou ne pas avoir de racines. Cette absence possible de racines semble être pour l'algèbre une humiliation qu'il faut faire disparaître ; on amène en scène ce personnage aux allures mystérieuses dénommé i dont le carré est égal

Digitized by Google

à (— 1) contrairement à ce qui a été enseigné jusque-là. On dit que ($a + bi$) satisfera à l'équation en remplaçant i^2 par (— 1), remplacement qui, faute d'explications suffissantes, paraît une absurdité.

Viennent ensuite les applications à la géométrie, les asymptotes de la circonférence, les quatre points de rencontre de deux circonférences, les droites perpendiculaires à elles-mêmes, et autres considérations qui n'ont pas de sens si on se limite au point de vue purement géométrique, c'est-à-dire au cas où les coordonnées d'un point sont des quantités algébriques simples.

Et que certains professeurs, une exception heureusement, fassent leur examen de conscience. N'éprouvent-ils pas quelque satisfaction perverse à « épater » le jeune élève en exagérant l'apparence paradoxale des résultats.

L'élève se figure, plus ou moins nettement, qu'on « lui bourre le crâne ». Il fait les calculs ; mais il « ne croit pas que c'est arrivé ». Plus tard, certains, pas tous, y verront clair.

Pour plus de clarté, il conviendrait de bien fixer les positions dès le début et de dire : 1° Tant que nous sommes dans le domaine des quantités algébriques simples, correspondant aux diverses positions d'un point sur une droite rapportées à un point origine, une équation du second degré peut n'avoir pas de racines, ou avoir deux racines, avec le cas limite de la racine double. En matière de géométrie, deux coniques se coupent en quatre points, ou en deux points, ou pas du tout, avec les cas limites des contacts.

2° Passons maintenant dans un autre domaine, qui ne sera pas un prolongement souterrain et mystérieux du précédent, mais qui sera d'une autre nature. Au lieu de nous déplacer sur une droite, déplaçons-nous sur un plan. La position d'un point est déterminée par deux coordonnées dont chacune est une quantité algébrique simple, et dont nous considérons l'*ensemble*. L'égalité de deux ensembles, c'est-à-dire la coïncidence des deux points figuratifs, comporte *deux* égalités entre quantités algébriques simples. Les définitions de l'addition, de la multiplication, etc., entre quantités algébriques simples ne peuvent plus nous servir; nous devons définir à nouveau ces opérations concernant des ensembles, et nous sommes libres de les définir de bien des façons, de choisir celle qui nous paraîtra la plus commode.

Soient x, x_1, x_2, les quantités algébriques simples représentant l'une des coordonnées; de même y, y_1, y_2... pour l'autre coordonnée; soit $E(x, y)$, l'ensemble des deux coordonnées;

$$E(x_1, y_1) = E(x_2, y_2),$$

signifie sous forme condensée

$$x_1 = x_2, \qquad y_1 = y_2.$$

L'addition et la multiplication sont définies par

$$E(x_1, y_1) + E(x_2, y_2) = E(x_1 + x_2, y_1 + y_2),$$

$$E(x_1, y_1) \times E(x_2, y_2) = E(x_1x_2 - y_1y_2, x_1y_2 + x_2y_1).$$

De là on tire

$$E(x,y) = x\,E(1,0) + y\,E(0,1),$$

$$[E(1,0)]^2 = E(1,0),$$

$$[E(0,1)]^2 = (-1)\,E(1,0);$$

nous pouvons définir

$$E(1,0) = 1,$$

cette définition n'ayant rien d'incompatible avec les diverses définitions précédentes. On a alors

$$E(x,y) = x + y\,E(0,1),$$

$$[E(0,1)]^2 = -1.$$

$E(0,1)$ est ce qu'on désigne habituellement par i. Par i, on doit entendre non plus une quantité algébrique simple, mais un *ensemble* de deux quantités dont la première est nulle et la seconde, égale à l'unité. L'élévation au carré ne se fait plus suivant les règles de la multiplication des quantités algébriques simples; l'équalité $i^2 = -1$ n'a plus rien d'absurde.

Soit une équation du second degré dans laquelle l'inconnue et les coefficients connus sont des ensembles de la nature définie plus haut et dans laquelle les additions et multiplications se font suivant les règles données pour ces ensembles : une telle équation a toujours deux racines qui, exceptionnellement, peuvent être égales.

A beaucoup, ces considérations paraîtront enfantines; mais nous ne nous adressons pas à des membres de l'Institut. A ne considérer que l'électricité, la pratique de plus en plus répandue des courants alternatifs oblige un nombre d'ingénieurs de plus en plus grand à calculer les fonctions périodiques du temps. La méthode des imaginaires est un instrument de calcul précieux. Il serait regrettable que l'usage en soit restreint par une méfiance non justifiée.

Représentons, suivant l'usage, les fonctions périodiques simples du temps par des vecteurs situés dans un plan.

Déplacer l'origine des temps revient à faire tourner les axes de coordonnées autour de l'origine. Les longueurs des vecteurs, les angles entre deux vecteurs, les sommes de deux vecteurs, sont conservés, soit qu'on applique à ces vecteurs les règles du calcul des imaginaires, soit qu'on leur applique les règles du calcul vectoriel; mais d'autres résultats diffèrent suivant le type de calcul adopté.

Dans le calcul des imaginaires, le vecteur représentant la dérivée d'une fonction par rapport au temps s'obtient en multipliant par $a\,i$ le vecteur représentatif de la fonction, a étant proportionnel à la fréquence. Dans le calcul vectoriel, on doit faire le produit vectoriel de ce même vecteur par une normale au plan, ayant la longueur a.

Dans le calcul des imaginaires, le produit de deux vecteurs dépend de la direction des axes, c'est-à-dire de l'origine des temps ; il n'est pas une caractéristique du régime. Au contraire, dans le calcul vectoriel, les produits, scalaire et vectoriel, restent constants pour un régime donné, et indépendants de l'origine à partir de laquelle on compte les temps si les deux vecteurs représentent une force électromotrice et une intensité de courant, ces deux produits représentent la puissance réelle et la puissance dite réactive.

A notre connaissance, le calcul des imaginaires est le seul dont l'emploi soit courant en pareille matière. Peut-être le calcul vectoriel présenterait dans certains cas des avantages. Nous nous bornons ici à signaler la question.

P. Lauriol.
Inspecteur général honoraire des Ponts et Chaussées, Ancien ingénieur en chef des Services de l'Eclairage de la Ville de Paris.

Digitized by Google

Bibliographie : Principles of Radio Communication (Principes de radiotélégraphie et radiotéléphonie, par J.-H. MORECROFT, professeur d'électrotechnique à l'Université de Columbia (1). — Par l'ampleur qu'il a donnée à son ouvrage, l'auteur s'est bien proposé de publier un traité complet de radiotélégraphie et radiotéléphonie. Il suppose que son lecteur a étudié à fond les lois des courants continus et des courants alternatifs et qu'il possède une notion physique nette des phénomènes de transition qui se manifestent dans de tels circuits. Il insiste particulièrement sur le fait qu'une telle conception élémentaire se déduit plus facilement en considérant le courant électrique du point de vue de la théorie électronique, c'est-à-dire en l'envisageant comme un tourbillon rapide d'une infinité de charges négatives minuscules qui entrent en collision les unes avec les autres ou avec les molécules qui composent le conducteur.

Par suite des fréquences très élevées que l'on rencontre dans la technique de la radioélectricité, il a paru nécessaire de s'étendre sur les notions de résistance, d'inductance et de capacité qui constituent les constantes du circuit électrique. La distribution du courant étant très irrégulière aux hautes fréquences, la résistance d'un conducteur y est bien plus élevée que dans un circuit parcouru par des courants de fréquence ordinaire ; dans les mêmes conditions, la perméabilité apparente d'un noyau de fer diminue et les pertes diélectriques augmentent dans des proportions considérables, ce qui implique un abaissement de la capacité inductive. Comme il est impossible de constituer un appareil dénué de toute capacité interne, il en résulte que l'inductance apparente d'une bobine sans fer doit elle-même varier aux hautes fréquences ; c'est ce que l'on a constaté par des mesures nombreuses.

Ces questions sont traitées avec beaucoup de détails dans les deux premiers chapitres, car l'auteur les considère comme fondamentales pour son sujet ; dans les trois chapitres suivants, il expose le point de départ des radiocommunications, c'est-à-dire la théorie des ondes électromagnétiques, les lois des circuits oscillants et la télégraphie par étincelle. Le chapitre VI est consacré au triode : description, théorie et fonctionnement ; puis viennent, successivement, la télégraphie par ondes entretenues, la radiotéléphonie, les antennes et les lois de leur rayonnement, les ondemètres et leur emploi, les amplificateurs et, enfin, dans le douzième et dernier chapitre, on trouvera un certain nombre d'expériences choisies qu'il est possible de réaliser dans un laboratoire, car, pour cette partie de l'art de l'ingénieur comme pour toutes les autres, l'auteur estime que l'étudiant doit mener de front la théorie et la pratique s'il veut posséder à fond son sujet.

Les nombreuses photographies, les schémas détaillés, les analogies empruntées à la mécanique, etc., qui caractérisent cet ouvrage, prouvent surabondamment que l'auteur s'est efforcé de ne laisser aucune notion incertaine dans l'esprit de son lecteur et nous pensons qu'il a effectivement réussi à élaborer un traité des radiocommunications qui mérite de figurer dans toutes les bibliothèques. — B. C.

Bibliographie : La physique et la métaphysique des théories d'Einstein, par Daniel BERTHELOT, membre de l'Institut (2). — Ces théories sont discutées, à l'heure actuelle, aussi bien dans les réunions de savants et dans les cours scientifiques que dans les salons. Elles exercent sur ceux qui la comprennent, et plus encore sur ceux qui ne la comprennent pas, une véritable fascination, que l'on peut expliquer en partie par le goût du merveilleux. Une doctrine qui nie le temps permet à l'imagination de se donner libre carrière et de rêver des choses extraordinaires sur tous les problèmes de la métaphysique. Cependant il est bon, avant d'arriver à toutes ces suppositions bien délicates, de savoir exactement en quoi consistent les théories sur lesquelles on s'appuie pour arriver à de telles conceptions. L'auteur expose donc, pour le grand public, non pas les travaux mêmes d'Einstein, qui sont des raisonnements mathématiques très élevés à la portée d'un petit nombre de personnes, mais l'ensemble de la doctrine, formé à la fois par les résultats de ces travaux et les nombreuses discussions qu'ils ont fait naître.

Après quelques notes biographiques sur Einstein, l'auteur indique comment s'est produit le renversement de notre idée du temps et les conséquences qui en découlent. Il explique ensuite la théorie de Lorentz et l'intervention de Einstein qui, plus hardi que le premier, n'hésite pas à rompre avec le bon sens. Il ne considère plus, ainsi que Lorentz, le résultat de ses calculs comme une fiction mathématique ; il lui donne une réalité physique. Ce passage du domaine mathématique au domaine physique — que certaines expériences paraissent confirmer et que, d'autre part, quelques savants ne croient pas absolument légitime — permet d'imaginer que la vitesse supprime le temps. L'auteur indique alors les principales idées que fait naître cette doctrine. Il croit assister à l'éclosion d'une « religion nouvelle », de forme singulière et de langage abstrait ; il entrevoit encore bien des difficultés pour expliquer de nombreuses énigmes, mais sa conclusion semble pouvoir se résumer en deux mots : Qui sait ? — B. E.

Bibliographie : Les axiomes de la mécanique. Note sur la propagation de la lumière, par Paul PAINLEVÉ, professeur à l'Ecole polytechnique, membre de l'Institut (1). — Depuis une vingtaine d'années, l'étude des relations entre la matière et l'éther, ou mieux, des rapports entre les phénomènes matériels et les phénomènes électromagnétiques et lumineux, s'est heurtée à des difficultés et à des contradictions que de nombreux esprits estiment insolubles si l'on ne modifie pas les principes mêmes de la mécanique classique. C'est en vue d'une telle modification qu'est née la théorie de la relativité d'abord restreinte, puis généralisée.

Il est peu de doctrines, dans l'histoire des sciences, qui ait été l'objet d'une curiosité semblable. La nouvelle théorie s'attaque, en effet, aux bases mêmes de nos connaissances, sinon pour les détruire, du moins pour les transformer ; aussi a-t-elle rapidement passionné les milieux les plus divers. Cependant, dans des questions aussi profondes, et où l'appareil mathématique est à peu près indispensable, les malentendus sont faciles et présentent un danger déjà reconnu : l'erreur d'interprétation des nouvelles conceptions. Pour s'aventurer sans vertige dans de telles spéculations, il est indispensable d'avoir compris à fond les axiomes de la mécanique classique, afin de saisir les modifications qui y ont été apportées et les raisons qui justifient ces changements. Dans ce but, l'auteur reprend pour le public l'exposé de ces axiomes tels qu'il les a enseignés,

(1) Un volume, format 23 cm × 15 cm, de X-935 pages avec 788 figures dans le texte, édité par Chapman et Hall, 11, Henrietta Street, Covent Garden, London, W.-C.-2. Prix : relié, 45 sh.

(2) Un volume, format 19 cm × 12 cm, 48 pages, édité par la librairie Payot et Cie, 106, boulevard Saint-Germain, Paris. Prix : broché, 2 fr.

(1) Une brochure, format 19 cm × 12 cm, 112 pages, éditée par Gauthier-Villars et Cie, 55, quai des Grands-Augustins, Paris, VIe. Prix : broché, 4 fr.

Digitized by Google

depuis 1890, à Lille d'abord, puis à la Sorbonne et à l'Ecole polytechnique.

Cet exposé est suivi d'une « Note sur la propagation de la lumière » dans laquelle l'auteur développe successivement les diverses théories émises sur cette propagation. Il envisage, d'abord, la théorie de l'émission ; puis, celle des ondulations qui lui fut substituée et s'arrête, enfin, plus longuement sur la théorie de la relativité.

L'ouvrage se termine par une note de quelques pages sur « le principe de l'action et de la réaction » qui conduit à la conception d'une mécanique générale dont la mécanique classique ne serait qu'un cas particulier et qui aurait une analogie très grande avec la mécanique de Lorentz. L'auteur est amené à penser que bien des hypothèses restent encore qui doivent être étudiées avec persévérance avant d'être considérées comme condamnées ainsi qu'on a trop tendance à le faire dans l'enthousiasme produit par les nouvelles théories. — B. E.

Bibliographie : Le bilan de l'Etatisme, par A. Delemer [1]. — Gouverner est le fait de l'Etat ; mais c'est le fait des individus que de travailler et de produire. Dès que l'on admet cette distinction, l'on est conduit à la séparation de deux pouvoirs, l'un politique, l'autre économique qui peuvent ne pas être absolument indépendants, mais qu'il serait pourtant dangereux de confondre. L'Etatisme fait justement cette confusion. L'auteur montre que la conséquence n'est pas seulement de paralyser la production des richesses en éparpillant et en diminuant l'effort de chacun, mais qu'il est néfaste pour l'Etat lui-même et démoralise l'opinion par les résultats auxquels il aboutit.

La guerre a permis de réaliser en ce sens une expérience de grande envergure, puisque, pendant quelques années, l'Etat a presque dirigé. L'auteur de ce livre a cherché à exposer les faits avec toute la précision voulue et à les présenter sous leur véritable jour. La conclusion est que la question actuelle est entièrement financière, à la fois intérieure et mondiale, et que la solution qui sera proposée doit, pour réussir, envisager ce double aspect du problème.

Une bibliographie réunit, à la fin de ce volume, les divers écrits qui se rapportent au sujet traité ; elle permettra au lecteur de connaître l'opinion d'un grand nombre d'économistes, en même temps que de se reporter, s'il le juge utile, aux documents sur lesquels l'auteur s'est appuyé pour écrire ce livre. — B. E.

Bibliographie : Guide du monteur électricien, par R. Swyngedauw, professeur de physique et d'électricité industrielles à la Faculté des Sciences, directeur de l'Institut électrotechnique de Lille, lauréat de l'Institut [2]. — Il s'agit du premier tome, contenant les notions fondamentales sur le courant électrique et leur application au montage des canalisations intérieures. Ce volume est la reproduction des cours de perfectionnement professionnel des monteurs électriciens, qui ont été faits par l'auteur à Lille et qui ont été suivis, avec fruit, par plusieurs centaines d'auditeurs.

Il a été composé après une enquête minutieuse auprès des monteurs et des installateurs et lentement modifié pour s'adapter au mieux aux besoins et à la façon de comprendre des lecteurs auxquels il s'adresse. Ce cours est essentiellement expérimental, chaque leçon comportant une dizaine d'expériences caractéristiques, simples et conçues de façon à être réalisées, pour la grande majorité, avec un matériel très réduit. Des notes en bas de pages donnent des détails précis et permettent à l'ingénieur ou au professeur encore inexpérimenté de les réussir devant des élèves.

Ce livre s'adresse à peu près exclusivement aux jeunes monteurs électriciens et doit leur donner les connaissances indispensables à l'exécution intelligente des travaux qui leur sont confiés. L'auteur a voulu que les travailleurs de bonne volonté puissent ainsi s'affranchir de la tutelle trop étroite du contremaître, et que, élevant le niveau de leurs connaissances et leur valeur professionnelle, ils puissent augmenter leur productivité aussi bien dans leur propre intérêt que dans celui de l'industrie entière.

L'élève trouvera dans cet ouvrage une série de problèmes gradués qui lui permettront de bien s'assimiler les explications données dans le cours ; dans la pratique, ces problèmes lui seront souvent utiles. Il trouvera également, à la fin du livre, des conseils pratiques pour la pose des canalisations électriques indiqués par un ingénieur installateur. Ces conseils pratiques qu'il pourra immédiatement mettre à l'épreuve ne lui seront pas d'une utilité moindre que les problèmes ci-dessus. — B. E.

Bibliographie : La technique du métier d'électricien, par Raoul Caillault, ancien chef de travaux d'école pratique de commerce et d'industrie, ancien directeur des cours d'apprentissage aux Etablissements Cail et ancien chef des travaux des cours de perfectionnement professionnel de la ville de Denain, et Camille Baud, contremaître électricien [1]. — Par suite de l'énorme développement pris par l'industrie électrique au cours de ces dernières années, les ouvrages écrits spécialement pour les professionnels, ouvriers et monteurs électriciens prennent eux aussi une grosse importance. Un assez grand nombre de questions qui étaient autrefois volontairement laissées de côté comme faisant partie de la « théorie » doivent maintenant être abordées. Contre toutes les apparences, le métier d'électricien est rendu de plus en plus complexe et il devient difficile de trouver d'excellents ouvriers ; la pratique du travail seule, même dans de bonnes conditions, ne leur suffit pas, il faut qu'ils fassent eux-mêmes leur instruction technique. Aussi les manuels pratiques sont-ils à la fois plus indispensables et plus délicats à composer.

L'ouvrage dont il est ici question paraît résoudre cette double difficulté. L'auteur a pris soin de diviser chaque chapitre en deux parties : l'une contenant les quelques notions théoriques nécessaires, limitées à l'exposé des lois et des principes fondamentaux sur lesquels repose l'électricité et à un résumé succinct des développements contenus dans les ouvrages de théorie pure ; l'autre, sur laquelle il insiste plus particulièrement comprend l'étude des appareils industriels, leur emploi rationnel, les causes de leur fonctionnement défectueux, la recherche des « pannes » diverses des appareils ou des installations.

Quelques problèmes courants avec leur solution, des schémas de montage nombreux et détaillés achèvent de faire de cet ouvrage, présenté avec un soin particulier, un véritable livre de travail. — B. E.

(1) Un volume, format 22 cm × 14 cm, 285 pages, édité par Payot et Cie, 106, boulevard Saint-Germain, Paris. Prix : broché, 10 fr.

(2) Un volume, format 22 cm × 14 cm, 297 pages, 193 figures, édité par la librairie Béranger, 15, rue des Saints-Pères, Paris. Prix : cartonné, 18 fr.

(1) Un volume, format 21 cm × 14 cm, VIII-256 pages, 280 figures édité par la librairie Dunod, 47, quai des Grands-Augustins, Paris (VIe). Prix : relié, 11 fr ; cartonné, 10 fr ; broché, 9 fr.

Digitized by Google

SECTION SCIENTIFIQUE & TECHNIQUE

Sur la production des harmoniques 3 dans les machines à induction à charge déséquilibrée *(Suite et fin)* (1)

V. Détermination de la résistance ohmique du réseau de résonance. — Une tension constante, contenant les harmoniques E_1 et E_3, est amenée aux bornes A et B (fig. 6).

L et C sont en résonance pour la fréquence de E_3, c'est-à-dire pour trois fois la périodicité fondamentale.

Un voltmètre thermique placé aux bornes de A et B permet de lire la tension

$$U = \sqrt{E_1^2 + E_3^2}; \qquad (24)$$

comme E_3 est petit vis-à-vis de E_1, la tension U sera sensiblement égale à E_1.

Un millivoltmètre mV_1 est shunté par une résistance ohmique variable rh et une résistance également variable Rh est intercalée dans le circuit de résonance.

On fait varier la self-induction L du circuit en faisant varier l'angle de deux bobines, dont la résistance ohmique reste constante.

Soit r_1, la résistance de la bobine; r_c, la résistance ohmique de la capacité C (2); r_s, la résistance variable du shunt; r_v, la résistance du millivoltmètre et R_1, la résistance que nous intercalons, la résistance totale sera

$$R^I = r_1 + r_c + R_1 + \frac{1}{\frac{1}{r_v} + \frac{1}{r_s}}. \qquad (25)$$

Pour une autre résistance intercalée, nous aurons

$$R^{II} = r_1 + r_c + R_2 + \frac{1}{\frac{1}{r_v} + \frac{1}{r_s}}. \qquad (26)$$

Dans le circuit circuleront deux courants, l'un I_1, avec la fréquence normale; l'autre I_3, avec la fréquence triple.

En négligeant la résistance ohmique pour l'harmonique fondamental, ce courant est lié à sa tension E_1 par

$$I_1 = \frac{E_1}{\frac{1}{\omega C} - \omega L}. \qquad (27)$$

Il est donc sensiblement égal à

$$I_1 = \frac{U}{\frac{1}{\omega C} - \omega L}. \qquad (28)$$

Comme le réseau est en résonance pour 3 f, nous avons la relation

$$CL = \frac{1}{3^2\omega^2}; \qquad (29)$$

d'où

$$L = \frac{1}{3^2\omega^2 C}. \qquad (30)$$

En portant la valeur de L dans (28), nous obtenons

$$I_1 = \frac{U}{\frac{1}{\omega C} - \frac{1}{3^2\omega^2 C}} = \frac{U}{Z}, \qquad (31)$$

en posant

$$Z = \frac{1}{C}\left[\frac{1}{\omega} - \frac{1}{3^2\omega^2}\right]. \qquad (32)$$

Pour le courant I_3, nous trouvons

$$I_3 = \frac{E_3}{r_1 + r_c + R + \frac{1}{\frac{1}{r_v} + \frac{1}{r_s}}}. \qquad (33)$$

Le courant I_1 fera naître aux bornes du shunt rh une tension

$$\Delta_1 = I_1 \frac{1}{\left(\frac{1}{r_v} + \frac{1}{r_s}\right)}. \qquad (34)$$

On observe aux bornes du shunt une tension

$$\Delta = \sqrt{\Delta_1^2 + \Delta_3^2}, \qquad (35)$$

(1) *Revue générale de l'Electricité*, 28 octobre 1922, t. XII, p. 619-629.

(2) Voir à ce propos une communication de M. de La Gorce sur « la détermination des harmoniques d'une courbe de tension alternative par la méthode de résonance, quelques causes d'erreurs, précautions à prendre » et la remarque de M. Swyngedauw à propos d'un résultat analogue obtenu par M. Stokvis. *Bulletin de la Société internationale des Electriciens*, 3 juin 1914, t. IV, 3e série, p. 545.

Digitized by Google

Δ_3 étant la tension due au courant I_3.

On tire de là

$$\Delta_3 = \sqrt{\Delta^2 - \Delta_1^2}. \qquad (36)$$

Deux mesures différentes, l'une avec la résistance R^{I}, l'autre avec R^{II}, nous donnent

$$\frac{I_3^{I}}{I_3^{II}} = \frac{R^{II}}{R^{I}} = \frac{\Delta_3^{I}}{\Delta_3^{II}}. \qquad (37)$$

Nous pouvons déduire Δ^{I}_3 et Δ^{II}_3 au moyen de (36) et (34) des grandeurs connues.

L'équation (37) peut s'écrire

$$R^{II}\Delta_3^{II} = R^{I}\Delta_3^{I}. \qquad (38)$$

En faisant usage de (25) et (26)

$$\left[r_1 + r_c + R_2 + \frac{1}{\left(\frac{1}{r_v} + \frac{1}{r_s}\right)}\right]\Delta_3^{II} = \left[r_1 + r_c + R_1 + \frac{1}{\left(\frac{1}{r_v} + \frac{1}{r_s}\right)}\right]\Delta_3^{I}. \qquad (39)$$

Toutes les grandeurs de l'équation (39) sont connues, sauf r_c que l'on en peut tirer facilement.

Posons

$$r_1 + \frac{1}{\left(\frac{1}{r_v} + \frac{1}{r_s}\right)} = \rho; \qquad (40)$$

l'équation (39) devient

$$(\rho^{II} + r_c + R_2)\Delta_3^{II} = (\rho^{I} + r_c + R_1)\Delta_3^{I}, \qquad (41)$$

d'où

$$r_c = \frac{\Delta_3^{II}(\rho^{II} + R_2) - \Delta_3^{I}(\rho^{I} + R_1)}{\Delta_3^{I} - \Delta_3^{II}}. \qquad (42)$$

Nous donnons ci-après le tableau des résultats des essais que nous avons faits à ce sujet : $U = 78$ v; $f = 46$ p:s; $r_1 = 8{,}30$ ohms; $r_2 = 2$ ohms; $r_1 = 7{,}86$ ohms; $C = 2{,}5$ µF.

La tension U était celle de la génératrice triphasée fonctionnant en monophasé; le courant était de 25,7 A, l'excitation était 2,7 A.

Δ_3^{I} en millivolts.....	537	507	490	466	445	427	413	402	386	372	362
R, en ohms.....	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Δ_3^{II} en millivolts.....	527	496	480	455	434	415	401	388	373	358	348
N^{os} des essais.....	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI

Nous obtenons d'après (29)

$$CL = \frac{10^6}{3^2 f^2 4\pi^2} = \frac{10^6}{3^2 46^2 4\pi^2} = 1{,}335; \qquad (43)$$

Comme $C = 2{,}5$ µF, nous avons

$$L = \frac{1{,}335}{2{,}5} = 0{,}535 \text{ henry}. \qquad (44)$$

De (31) et (32), nous déduisons

$$Z = \frac{10^6}{2\pi f C} - 2\pi f L = \frac{10^6}{2\pi 46.2{,}5} - 2\pi 46.0{,}335 = 1\,225 \text{ ohms}, \qquad (45)$$

et

$$I_1 = \frac{U}{Z} = \frac{78}{1\,225} = 0{,}0637 \text{ A}. \qquad (46)$$

L'expression $\frac{1}{\frac{1}{r_v} + \frac{1}{r_s}}$ devient

$$\frac{1}{\frac{1}{2} + \frac{2}{7{,}86}} = 1{,}595 \text{ ohm}. \qquad (47)$$

Par conséquent,

$$\Delta_1 = I_1\left(\frac{1}{\frac{1}{r_v} + \frac{1}{r_s}}\right) = 0{,}0637 \times 1{,}595 = 101{,}8.10^{-3}. \qquad (48)$$

L'équation (36) nous permet maintenant d'obtenir la grandeur Δ_3 qui, pour le cas I, est

$$\Delta_3^{I} = \sqrt{537^2 - 101{,}8^2} = 527 \text{ mv}. \qquad (49)$$

Nous pouvons calculer ainsi toutes les valeurs Δ_3, comme nous l'indique la troisième rangée du tableau.

Avec ces valeurs, nous calculerons r_c par les formules (42) et (41).

Pour la résistance, nous trouvons

$$\rho = 8{,}30 + 1{,}595 = 9{,}90 \text{ ohms}; \qquad (50)$$

l'équation (47) nous donne pour la combinaison (I—X)

$$r_c = \frac{3{,}58(9{,}90 + 9{,}00) - 5{,}27(9{,}90 + 0)}{5527 - 358} = 9{,}62 \text{ ohms}. \qquad (51)$$

Nous pouvons combiner ainsi toutes les mesures deux

Digitized by Google

à deux, les mesures les plus éloignées les unes des autres donnant les meilleurs résultats.

En combinant *I* avec les cinq dernières mesures par exemple, on obtient

I-XI	I-X	I-IX	I-VIII	I-VII.
9,60	9,62	9,55	9,65	7,30,

c'est-à-dire, en moyenne

$$r_c = 9{,}55 \text{ ohms.} \qquad (52)$$

Ce résultat montre combien il est nécessaire de connaître la résistance ohmique des condensateurs puisque cette résistance peut atteindre et même dépasser la grandeur de toutes les autres résistances du circuit.

De l'équation

$$I_3 = \frac{\Delta_3}{\left(\frac{1}{\frac{1}{r_v}+\frac{1}{r_s}}\right)} \qquad (53)$$

on déduit la grandeur cherchée, c'est-à-dire la tension de l'harmonique 3

$$E_3 = \frac{\Delta_3}{\left(\frac{1}{\frac{r}{r_v}+\frac{1}{r_s}}\right)}\left\{r_1 + r_c + R + \left(\frac{1}{\frac{1}{r_v}+\frac{1}{r_s}}\right)\right\}. \qquad (54)$$

En négligeant la résistance ohmique de la capacité, nous serions arrivés à des résultats absolument erronés.

Pour l'application de la méthode de M. Pupin, il est donc absolument nécessaire de connaître la résistance ohmique de la capacité pour l'harmonique que l'on veut déceler.

Une mesure wattmétrique à 3 × 46 p : s nous aurait donné

$$\cos\varphi = \frac{r_c}{\sqrt{r_c^2 + \left(\frac{1}{3\omega C}\right)^2}}, \qquad (55)$$

ou

$$\cos\varphi \cong r_c\, 3\omega C. \qquad (56)$$

D'après les capacités employées dans l'essai, on a

$$\cos\varphi = 9{,}55\ (3.2\pi.46.2{,}5)\ 10^{-6} = 0{,}02075. \qquad (57)$$

Les mesures de la résistance de la capacité doivent être faites à la même fréquence que les mesures concernant l'harmonique 3 étudié ; on pourrait déduire de cette résistance connue les résistances à d'autres fréquences, mais les résultats seront incertains (1).

VI. **Détermination de l'impédance inverse.** — Rappelons d'abord ce que nous entendons par impédance inverse $Z'_i = \frac{E'_3}{I_i}$, c'est le quotient de la tension composée de l'harmonique 3 par le courant inverse.

L'impédance inverse a été déterminée au moyen d'un courant monophasé, constitué par la phase I de la génératrice et analysé par la méthode de M. Pupin, telle que nous l'avons décrite ci-dessus. Nous avons déterminé cette constante pour différentes excitations et différentes charges.

Pour déterminer la grandeur de la réactance inverse, nous procédons de la manière suivante (voir mesure 22). *U* étant égal à 103,5 v, nous déduisons I_1 de la formule

$$I_1 = \frac{U}{Z} = \frac{103{,}5}{1\,225} = 0{,}0836 \text{ A}, \qquad (58)$$

$$\Delta_1 = I_1 . \frac{1}{\frac{1}{r_v}+\frac{1}{r_s}} = 0{,}0836 \times 1\,595 = 133{,}3 \text{ mv.} \qquad (58^{bis})$$

Par conséquent

$$\Delta_3 = \sqrt{\Delta^2 - \Delta_1^2} = \sqrt{440^2 - 133{,}3^2} = 418 \text{ mv.} \qquad (59)$$

De la formule (54), on tire

$$E_3 = \frac{\Delta_3}{\left(\frac{1}{\frac{1}{r_v}+\frac{1}{r_s}}\right)}\left\{r_1 + r_c + \left(\frac{1}{\frac{1}{r_v}+\frac{1}{r_s}}\right)\right\}$$

$$= \frac{418.10^{-3}}{1{,}595}\left\{8{,}30 + 9{,}55 + 1{,}595\right\} = 5{,}10 \text{ v.} \qquad (60)$$

Comme nous voulons obtenir l'impédance entre les bornes et non la tension étoilée, nous devons multiplier E_3 par $\sqrt{3}$.

La division de $E_3\sqrt{3}$ par le courant inverse nous donnera l'impédance cherchée

$$Z_i = \frac{E_3\sqrt{3}}{I_i} = \frac{E_3\sqrt{3}}{\frac{I}{\sqrt{3}}} = \frac{3E_3}{I} = 0{,}684 \text{ ohm.} \qquad (61)$$

Nous pouvons calculer la valeur relative de l'harmonique 3 en centièmes de l'harmonique fondamental.

Soit α cette valeur. Nous avons

$$\alpha = \frac{E_3}{U} = \frac{5{,}1}{103{,}5} = 4{,}96 \text{ pour } 100. \qquad (62)$$

Tension de l'harmonique aux bornes de l'inducteur. — Pour la mettre en évidence (fig. 7), on shunte les inducteurs par un condensateur C' et un milliampèremètre mi_c, qui n'indique aucune déviation si la tension aux bornes a et b est continue, mais s'il y a déséquilibrage, une tension de périodicité 2*f* se superpose à cette ten-

(1) Hess. *L'Eclairage électrique*, 1895, p. 205.

Digitized by Google

sion continue, comme les oscillogrammes le montrent; cette tension Δ_2 sera déterminée par

$$\Delta_2 = j \cdot \frac{10^6}{2\omega C} i_c. \qquad (63)$$

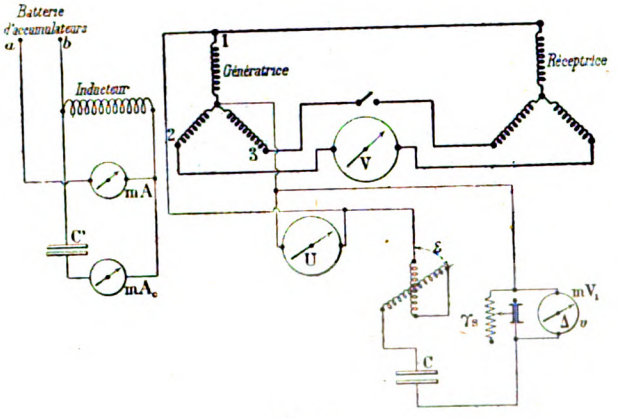


Fig. 7.

Il faut toutefois tenir compte que le milliampèremètre cause lui-même une chute de tension

$$\Delta_{1c} = i_c r'_c, \qquad (64)$$

de sorte que la tension cherchée E_2 sera

$$E_2 = \sqrt{\Delta_2^2 + \Delta_{1c}^2}.$$

Comme $r'_c = 572$ ohms et $i_c = 38{,}5 \times 10^{-4}$ A, on a

$$\Delta_{1c} = i_c . r'_c = 38{,}5 . 572 . 10^{-4} = 2{,}2 \text{ v.} \qquad (65)$$

La tension Δ_2 aux bornes de la capacité est

$$\Delta_2 = \frac{10^6}{2 . 2 . \pi . 46 . 1{,}0} . 38{,}5 . 10^{-4} = 6{,}5 \text{ v.} \qquad (66)$$

La tension aux bornes de l'inducteur est donc

$$E_2 = \sqrt{\Delta_2^2 + \Delta_{1c}^2} = \sqrt{6{,}5^2 + 2{,}2^2} = 6{,}85 \text{ v.} \qquad (67)$$

L'harmonique 2 dans l'inducteur et l'harmonique 3 dans l'induit sont dans le rapport

$$\gamma = \frac{E_2}{E_3 \sqrt{3}}. \qquad (68)$$

Notre expérience donne la valeur

$$\gamma = \frac{6{,}85}{5{,}10 \sqrt{3}} = 0{,}775. \qquad (69)$$

Proposons-nous de comparer le courant alternatif dans l'inducteur avec le courant continu de l'excitation.

Désignons la tension de l'excitation par e_m et posons

$$\beta = \frac{E_2}{e_m}. \qquad (70)$$

Dans notre expérience

$$\beta = \frac{6{,}85}{44} = 0{,}156. \qquad (71)$$

Nous pouvons tirer du tableau I des indications fort intéressantes.

Importance de l'harmonique 3 par rapport a la tension aux bornes. — Le cas 1 nous montre que la tension de l'harmonique 3 peut être de 40,6 pour 100 de la tension fondamentale.

Il convient toutefois de remarquer que ce cas doit être considéré comme anormal puisque l'excitation était excessivement faible, soit 1,5 A, l'excitation normale étant environ 3,5 A.

On voit, d'après l'essai 21, qu'avec cette dernière excitation, la tension composée de l'harmonique 3 est $5{,}49 \times \sqrt{3} = 9{,}4$ v en monophasé pour une tension fondamentale étoilée de 101 v. Dans le cas où la machine ne fonctionne pas en monophasé, ce rapport diminue dans la même proportion que le courant inverse, car il faut convenir que cette proportion de 9,40 v sur 101 v est inadmissible. Ce cas défavorable se produirait, par exemple, à la rupture d'un fil d'une ligne triphasée.

L'impédance inverse qui est déterminée par l'équation (61)

$$Z_i = \frac{3 E_3}{I},$$

se montre légèrement variable, non seulement avec l'excitation, mais aussi avec la charge.

Pour une excitation constante, la réactance inverse est la plus élevée pour la charge la plus faible. Ce résultat est en parfait accord avec la théorie.

En effet, la proportionnalité entre l'harmonique 3 et le courant inverse n'est rigoureuse que dans l'hypothèse où les champs créés par les courants de l'induit sont proportionnels aux ampères-tours qui les font naître. Ce fait est d'autant plus vrai que nous sommes plus loin de la saturation, c'est-à-dire que la charge est plus faible. Ceci explique la variation de l'impédance inverse avec la charge. Il va de soi qu'elle est plus élevée à charge faible puisque les champs qui font naître l'harmonique 3 ne sont pas atténués par la saturation.

Mais plus l'excitation devient forte, plus les champs de l'induit deviennent négligeables vis-à-vis du champ de l'inducteur et moins l'impédance varie avec la charge.

Les essais (1-5) nous montrent qu'à l'excitation de 1,5 A l'impédance varie de

$$\frac{1{,}08 - 0{,}837}{30{,}6 - 9{,}2} = \frac{0{,}243}{21{,}4} = 11{,}3 \times 10^{-3} \text{ ohm par ampère.} \qquad (72)$$

Digitized by Google

TABLEAU I.

N° de l'essai	U Tension étoilée en volts (génératrice)	I Intensité monophasée en ampères (génératrice)	i_m Excitation en ampères	i_c Courant condensateur en milliampères (10 fois)	C' Capacité du condensateur en micro-farad	Δ_1 Tension condensateur due aux harmoniques en millivolts.	r_s Résistance ohmique en ohms	Δ_3 Tension condensateur due à l'harmonique trois, en millivolts	E_3 Tension due à l'harmonique trois, en volts	$\alpha = \frac{E_3}{U}$ en centièmes de U	Δ_{1c} Chute de tension au milliampèremètre en volts	Δ_2 Tension due à l'harmonique deux en volts	E_2 Tension alternative dans l'inducteur en volts	e_m Tension continue aux bornes de l'inducteur	β $\frac{E_2}{l_m}$	γ $\frac{E_2}{E_3\sqrt{3}}$	k_i Réactance inverse en ohms	N° de l'essai
1	21,0	30,6	1,5	72,8	0,3	404	1	404	8,55	40,6	4,16	41,8	41,9	19	2,20	2,84	0,837	1
2	32,0	25,1		55,8		324		324	6,85	21,4	3,19	32,1	32,2		1,70	2,72	0,819	2
3	37,0	21,9		48,0		302		302	6,38	17,3	2,74	27,6	27,7		1,46	2,54	0,873	3
4	44,0	16,4		54,8	0,5	428	2	421	5,14	11,7	3,13	18,9	19,7		1,00	2,24	0,948	4
5	51,0	9,2		52,0	1,0	367	3	355	3,34	6,5	2,97	9,04	9,5		0,50	1,64	1,080	5
6	48,0	31,4	2,0	77,2	0,5	405	1	405	8,56	17,9	4,42	26,7	27,0	27	1,00	1,83	0,819	6
7	54,0	26,3		62,5		362		362	7,65	14,2	3,57	21,6	21,8		0,806	1,65	0,870	7
8	61,0	21,2		49,0		310		310	6,55	10,7	2,80	17,0	17,3		0,641	1,52	0,927	8
9	65,0	16,75		56,2	0,8	444	2	425	5,30	8,2	3,21	12,1	12,5		0,465	1,36	0,948	9
10	71,0	7,00		29,0	1,0	356	4	333	2,57	3,6	1,66	5,04	5,3		0,196	1,19	1,098	10
11	71,0	30,5	2,5	78,3	0,8	382	1	382	8,07	11,4	2,48	16,90	17,5	34	0,515	1,25	0,792	11
12	74,5	24,9		63,2	0,8	337	1	337	7,13	9,6	3,62	13,65	14,0		0,412	1,13	0,858	12
13	82,0	16,2		47,0	1,0	411	2	399	4,86	6,0	2,68	8,17	8,6		0,253	1,02	0,900	13
14	86,0	10,5		31,0	1,0	280	2	260	3,42	3,9	1,77	5,38	5,68		0,167	0,96	0,978	14
15	89,0	26,0	3,0	59,0	1,0	540	2	527	6,44	7,36	3,37	10,20	10,4	40	0,260	0,92	0,744	15
16	91,0	23,7		54,0	1,0	507		493	6,02	6,62	3,08	9,34	9,8		0,245	0,94	0,762	16
17	91,5	21,5		47,8	1,0	465		450	5,49	6,00	2,73	8,26	8,66		0,217	0,91	0,765	17
18	96,0	18,0		40,0	1,0	397		378	4,61	4,80	2,28	6,90	7,25		0,181	0,91	0,768	18
19	98,5	11,3		26,0	1,0	272		242	2,95	3,6	1,48	4,50	4,75		0,119	0,92	0,780	19
20	100,0	8,3		21,0	1,0	225		187	2,28	2,28	1,20	3,63	3,80		0,095	0,92	0,825	20
21	101,	25,1	3,5	42,5	1,0	468	2	450	5,49	5,44	2,43	7,35	7,75	44	0,176	0,82	0,657	21
22	103,5	22,4		38,5	1,0	440		418	5,10	4,94	2,20	6,50	6,85		0,156	0,78	0,684	22
23	106,0	17,3		31,0	1,0	364		336	4,10	3,87	1,77	5,36	5,65		0,128	0,79	0,711	23
24	107,5	13,5		25,0	1,0	296		262	3,20	2,98	1,43	4,32	4,52		0,103	0,82	0,710	24
25	108,0	9,6		18,0	1,0	234		187	2,28	2,11	1,03	3,11	3,32		0,075	0,84	0,711	25

tandis que, pour l'excitation normale (essais 21-25), cette variation est de

$$\frac{0,711-0,657}{25,1-9,6}=\frac{0,054}{15,5}=3,48.10^{-3}\text{ ohm par ampère.} \quad (73)$$

En calculant une moyenne pour chaque groupe d'essais à excitation constante, nous trouvons que l'écart est de

$$\frac{0,912-0,714}{0,912}=22 \text{ pour } 100,$$

pour un écart d'excitation de

$$\frac{3,5-1,5}{3,5}=71,4 \text{ pour } 100. \quad (74)$$

Nous pouvons comparer les valeurs obtenues par l'expérience avec la valeur de la réactance inverse que l'on peut calculer pour le cas idéal où les courants de Foucault, l'hystérésis et la saturation sont négligeables. Comme tous ces phénomènes tendent à diminuer la valeur de l'harmonique 3 et, par conséquent, de la réactance inverse, il est certain que la théorie doit donner des valeurs supérieures à la pratique.

Nous trouvons (voir paragraphe III pour la signification de R, L, δ'', w, α)

$$k_i^{(3)}=\frac{48\pi}{10}.\frac{\sin\alpha\pi}{\pi}w_1^2.\frac{RL}{\delta''}.3.f.10^{-8}. \quad (75)$$

Cette valeur est à multiplier, en raison de l'amortissement causé par l'inducteur, par un facteur qui dépend de l'arc polaire et qui est de

$f_d=$	0,01	0,10	0,28	0,59	1,24	3,26	∞
pour $\alpha=$	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0

En portant dans (75) les constantes de la machine, nous obtenons

$$k_i^{(3)}=0,5.\frac{48\pi}{10}.\frac{\sin 0,66\pi}{\pi}(48.0,827)^2.\frac{13,3.13,25}{0,5}.3.46,10^{-8}$$

$$=159 \text{ ohms.}$$

Nous voyons que la valeur calculée est 2,23 fois plus grande que la valeur moyenne à excitation normale, mais qu'elle se rapproche de plus en plus de la

Digitized by Google

valeur réelle, au fur et à mesure que la charge et l'excitation deviennent plus faibles.

Ainsi pour le cas 5, la constante inverse ne s'écarte de la valeur calculée que de

$$\frac{1,59 - 1,08}{1,59} = 32 \text{ pour } 100,$$

pour excitation faible (1,5 A), tandis que, pour excitation normale (3,5 A), l'écart est de

$$\frac{1,59 - 0,711}{1,59} = 49 \text{ pour } 100.$$

Nous pouvons donc conclure que le calcul donnera une proportion d'harmonique 3 supérieure à la réalité. En se basant sur le calcul, on se place donc dans des conditions plus défavorables que les conditions réelles.

Il est très intéressant de poursuivre les manifestations du champ inverse dans l'inducteur. Cette tension de périodicité $2f$ peut nous servir à mesurer l'harmonique 3 en connaissant le rapport entre les deux harmoniques. Pour des essais qui tendent à prouver que l'harmonique 3 est constant, on n'a qu'à démontrer que l'harmonique 2 est constant, ce qui est beaucoup plus aisé.

En outre, la grandeur de E_2 nous intéresse, puisque c'est une tension dangereuse qui peut causer des dégâts dans l'enroulement inducteur.

Les valeurs β nous apprennent que la tension alternative peut dépasser 2,2 fois la tension de l'excitation. Dans les cas normaux, ce coefficient baisse beaucoup, ce qui est en concordance avec la théorie, puisque la tension de l'harmonique 2 n'est que la tension de l'harmonique 3 transformée dans l'inducteur.

Le coefficient ε nous donne le rapport de transformation.

On s'aperçoit que, si l'on s'approche de l'excitation normale, le rapport reste constant comme dans un transformateur ordinaire.

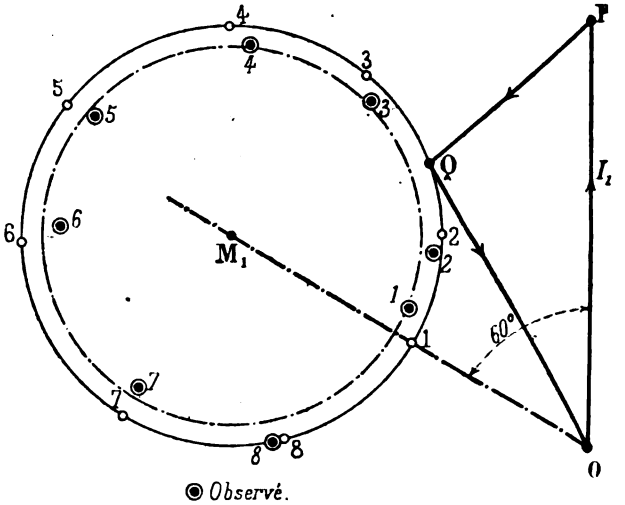
On conçoit maintenant qu'un court-circuit qui cause le plus grand harmonique 3, fasse naître dans l'inducteur un grand harmonique 2 qui, en se superposant au courant continu de l'excitation, peut faire fonctionner le disjoncteur dans ce circuit.

VII. **Le diagramme circulaire prouvé par l'expérience.** — La théorie nous a appris que toutes les combinaisons de trois courants qui ont le même harmonique 3 s'obtiennent par un diagramme circulaire.

Pour contrôler cette propriété nous avons tracé un triangle représentant nos trois courants (OPQ, fig. 8).

Pour obtenir toutes les combinaisons de courant I_1, I_2, I_3, qui ont le même harmonique 3 lorsque le courant I_1 reste constant, nous n'avons qu'à faire avancer le vecteur I_1 de $\frac{\pi}{3}$; du point M_1, extrémité de I_1 comme centre, décrivons un cercle M_1Q de rayon, M_1Q égal au courant inverse multiplié par $\sqrt{3}$. En faisant mouvoir le sommet Q du triangle des courants sur ce cercle, nous obtenons toutes les combinaisons voulues. A un point Q quelconque de ce cercle correspondent trois courants I_1, I_2 et I_3 parfaitement déterminés.

La difficulté consiste à rechercher les trois admittances qui font passer les trois courants. Si nous vou-



◉ *Observé.*
○ *Calculé.*

Fig. 8.

lons faire usage de bobines de self-induction pour la charge des trois phases, l'obtention des admittances voulues est aisée. Mais, comme les bobines de self-induction introduisent, par suite de leurs propriétés

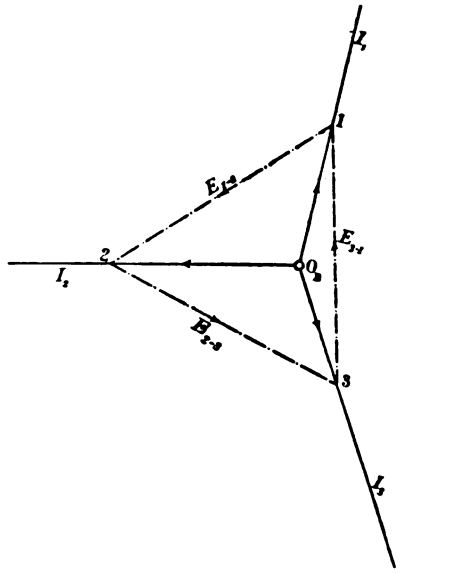


Fig 9.

ferro-magnétiques, des harmoniques supérieurs dus à leur hystérésis, etc, il est préférable, d'éliminer cette source d'erreur et de ne faire usage que de résistances ohmiques.

Digitized by Google

Commençons toutefois par exposer une méthode pour la détermination des admittances dans le cas le plus général. La question se pose ainsi :

Etant donné trois courants I_1, I_2, I_3 qui doivent former la charge d'une génératrice, dont les tensions entre les bornes E_{1-2} ; E_{2-3} ; E_{3-1} sont connues, quelles admittances $\rho_1 + jk_1$; $\rho_2 + jk_2$; $\rho_3 + jk_3$ doit-on appliquer aux bornes de la génératrice ?

Dessinons d'abord le triangle des tensions données (fig. 9).

Supposons connue la position du point neutre O_B.

Représentons maintenant sur la figure les trois courants donnés, qui doivent satisfaire à la relation

$$I_1 + I_2 + I_3 = 0.$$

Désignons les admittances par Y_1, Y_2, Y_3. Leur valeur absolue est

$$\left.\begin{aligned} Y_1 &= \frac{I_1}{E_{0B-1}} \\ Y_2 &= \frac{I_2}{E_{0B-2}} \\ Y_3 &= \frac{I_3}{E_{0B-3}} \end{aligned}\right\} \text{ dans ces équations tout est connu.} \quad (76)$$

Pour avoir les composantes des admittances, nous remarquons que

$$\left.\begin{aligned} \rho_1 &= Y_1 \cos \varphi_1 ; \quad \rho_2 = Y_2 \cos \varphi_2 ; \quad \rho_3 = Y_3 \cos \varphi_3 \\ k_1 &= Y_1 \sin \varphi_1 ; \quad k_2 = Y_2 \sin \varphi_2 ; \quad k_3 = Y_3 \sin \varphi_3 \end{aligned}\right\} \quad (77)$$

Comme Y_1, Y_2, Y_3 sont connus par (76) et comme nous pouvons déduire de la figure 10, φ_1, φ_2, φ_3, nous

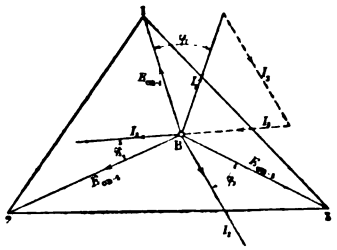


Fig. 10.

avons les six grandeurs voulues Y_1, Y_2, Y_3 ; φ_1, φ_2, φ_3. Il faut remarquer toutefois que la solution n'est pas unique. Non seulement nous avons choisi un point neutre à notre gré, mais nous avons encore représenté les trois courants dans la figure d'une manière arbitraire.

Pour un point neutre donné, nous avons une infinité de solutions selon la valeur que nous attribuons à l'angle φ_1 ; les deux autres sont alors déterminés. On obtient la totalité des solutions pour un point donné en attribuant à φ_1 toutes les valeurs possibles, c'est-à-dire de $-90°$ à $+90°$. Il faut cependant remarquer que les autres angles possibles doivent être également compris entre $-90°$ à $+90°$.

On voit par cette condition que le nombre des solutions convenables est limité.

Examinons maintenant le cas particulier pour lequel le point neutre O_B (ou B) est choisi de telle façon que, en posant $\varphi_1 = 0$, les angles φ_2 et φ_3 deviennent également nuls (fig. 11).

Comme les trois angles de déphasage sont nuls, nous

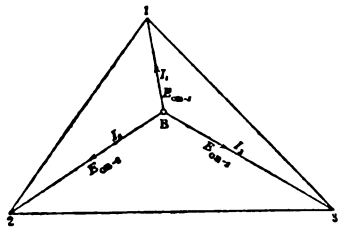


Fig. 11.

n'avons que des résistances ohmiques qui se calculent par les équations suivantes :

$$\left.\begin{aligned} R_1 &= \frac{E_{0B-1}}{I_1} \\ R_2 &= \frac{E_{0B-2}}{I_2} \\ R_3 &= \frac{E_{0B-3}}{I_3} \end{aligned}\right\}. \quad (78)$$

Les tensions étoilées doivent donc être déphasées l'une par rapport à l'autre du même angle que les courants donnés. Nous savons que le point 1 est l'un des sommets du triangle 1, 2, 3 des tensions composées et qu'il se trouve sur le vecteur I_1, de même pour 2 et 3.

Pour trouver 1, 2, 3, nous avons donc un moyen bien simple. Représentons d'abord les trois courants I_1, I_2, I_3, dans un diagramme étoilé (fig. 11) ; dessinons ensuite le triangle des tensions composées sur du papier calque de façon que le point 1 soit sur le vecteur I_1, 2 sur I_2 et 3 sur I_3 (fig. 11).

Ceci n'est possible que d'une seule façon.

Autrement dit, pour faire passer trois courants I_1, I_2, I_3 dans un réseau à résistance ohmique, étant donné les tensions entre les bornes, il n'y a qu'une solution possible.

Les points 1, 2, 3 étant déterminés, nous avons toutes les données nécessaires : tensions, courants et résistances.

Nous avons supposé que les tensions entre bornes étaient connues. Si la charge était équilibrée, le diagramme ordinaire nous donnerait le triangle équilatéral représentant les tensions, le point neutre étant au centre de gravité.

Mais dans le cas de la charge déséquilibrée, les tensions entre bornes sont également déséquilibrées et le point neutre se déplace. Il faudrait donc connaître,

Digitized by Google

Tableau II.

N° de l'essai	I_1	I_2	I_3	E_{1-2}	E_{2-3}	E_{31}	E_{OG-1}	E_{OG-2}	E_{OG-3}	E_{OB-1}	E_{OB-2}	E_{OB-3}	$\frac{E_{OB}}{E_{OG}}$	R_1	R_2	R_3	i_c	Δ_{1c}	Δ_{2c}	E_2	Δ_3	E_3	N° de l'essai
	Intensité par phase en ampères			Tension composée en volts			Tension étoilée en volts			Tension étoilée du récepteur en volts			Tension entre les neutres en volts	Résistances ohmiques du récepteur en ohms			Intensité du condensateur en milliampères	Tension aux bornes du condensateur en millivolts (induit)	Tension aux bornes du condensateur en millivolts (inducteur)	Harmonique deux dans l'inducteur en volts	Tension aux bornes du condensateur en millivolts (harmonique 3)	Harmonique trois dans l'induit en volts	
	Génératrice									Charge													
1A	10,0	8,65	4,90	150	150	150	87	87	87	58	98	111,5	32,0	5,8	10,65	22,7	35,5	2,03	1,53	2,54	280	2,55	1A
1B	10,2	8,20	5,40	144	147,5	143	83	83	84,5	57,5	94,5	107	32,0	5,64	11,50	19,8							1B
2A	10,0	6,15	6,15	150	150	150	87	87	87	27,5	128	127	57,0	2,75	21,0	21,0	35,0	2,00	1,51	2,50	284	2,62	2A
2B	10,0	6,50	6,00	145	145,5	141	83	85	84	28,0	122,5	120	57,0	2,80	19,0	20,0							2B
3A	10,0	5,55	10,3	150	150	150	87	87	87	83	109	73	23	8,3	19,6	7,1	36.8	2,10	1,59	2,64	283	2,60	3A
3B	9,6	5,50	9,8	146	142	141,5	82	84	84	80	105	70	25	8,34	19.1	7,15							3B
4A	10,0	8,65	13,2	150	150	150	87	87	87	105	107	55	31	10,5	12,4	4,16	35,2	2,01	1,52	2,52	279	2,43	4A
4B	10,0	8,20	12,6	141,5	139	141	82,5	81,5	81	99	101	51	32	9,9	12,3	3,80							4B
5A	10,0	12,7	14,85	150	150	150	87	87	87	113	92	61	29	11,3	7,25	4,10	38,0	2,17	1,64	2,74	285	2,63	5A
5B	9,2	12,0	14,25	140	138	143,5	83	80	82	102	89	58,5	27	11,1	7,40	4,10							5B
6A	10,0	14,6	14,5	150	150	150	87	87	87	102	82	82	15	10,2	5,6	5,6	34,5	1,97	1,49	2,47	286	2,55	6A
6B	9,8	13,4	13,7	139	139	142	82	80	82	97	74	75	15	9,9	5,5	5,57							6B
7A	10,0	14,6	11,4	150	150	150	87	87	87	106	60	100	28	10,6	4,1	8,75	35,0	2,0	1,51	2,50	290	2,72	7A
7B	9,4	13,5	10,8	139	142	142	80	79,5	82	98	53	95,5	24	10,4	3,93	8,84							7B
8A	10,0	12,5	7,55	150	150	150	87	87	87	101	56	110	32	10,1	4,46	14,6	35,0	2,0	1,51	2,50	287	2,66	8A
8B	9,7	12,0	7,20	140	145	143	81	82,5	81.0	94	53	106	32	9,7	4,42	14,7							8B

Constantes : $f = 46$ p : s; $r_s = 2$ ohms; $C' = 10{,}8$ microfarads; $i_m = 2{,}5$ ampères; $C = 2{,}5$ microfarads;

$$\sum_{1}^{8} \frac{E_3}{8} = 2{,}59 \text{ volts.}$$

Digitized by Google

pour une excitation donnée et pour trois courants donnés, ces trois tensions.

Mais, pour la plupart des déséquilibrages, l'inégalité des tensions entre les bornes est faible et le déplacement du point neutre est assez petit. Il suffit donc de considérer la charge comme équilibrée. Nous nous en rendons bien compte par les tableaux II. Le plus grand écart que nous avons obtenu entre les tensions était de

$$\frac{E_{1-2} - E_{3-1}}{E_{1-2}} = \frac{146 - 141{,}5}{146} = \frac{4{,}5}{146}$$

$$= 3{,}08 \text{ pour } 100 \text{ (cas 3).} \qquad (88)$$

Le vrai triangle est donc *très* voisin d'un triangle équilatéral.

Puisque nous savons déterminer, par les méthodes que nous venons d'expliquer, les trois résistances nécessaires R_1, R_2, R_3 pour faire passer les trois courants I_1, I_2, I_3 dans les trois phases de la génératrice, nous pouvons maintenant vérifier le diagramme circulaire déduit de considérations théoriques (1).

Prenons le point 4 à l'excitation de 2,5 A. La génératrice devait donner entre les bornes 150 v (Comparez fig. 11). Nous avons pris une excitation inférieure à l'excitation normale pour ne pas brûler les lampes des circuits récepteurs. En effet, le point neutre de la charge se déplace énormément (de 15 v, cas 6, à 57 v, cas 2) ce qui correspond à de grands écarts entre les tensions entre phases.

Dessinons un triangle équilatéral de 150 v et déplaçons le, de la façon décrite, sur les trois courants I_1, I_2, I_3, nous trouvons le point neutre de la charge (fig. 11). La figure nous donne

$$E_{0B-1} = 105 \text{ v},$$
$$E_{0B-2} = 107 \text{ v},$$
$$E_{0B-3} = 55 \text{ v},$$

d'où nous déduisons les résistances

$$R_1 = 10{,}5, \quad R_2 = 12{,}4, \quad R_3 = 4{,}16.$$

Nous n'avons qu'à intercaler ces trois résistances dans le circuit récepteur et à donner au courant d'excitation la valeur voulue pour faire passer dans les trois phases les trois courants que nous désirions obtenir.

Nous allons vérifier jusqu'à quel point nos prévisions sont justifiées.

Les courants sont 10,0 — 8,20 — 12,60 A, au lieu de 10,0 — 8,65 — 13,20 A par le calcul.

L'écart provient de ce que, d'abord, il est difficile de régler rigoureusement les résistances calculées et ensuite de ce que le triangle est, comme on l'a vu, quelque peu déformé au lieu d'être équilatéral.

On voit, néanmoins, que les grandeurs des tensions entre les bornes, E_{1-2}, E_{2-3}, E_{3-1}, ainsi que celles entre phases, E_{OB-1}, E_{OB-2}, E_{OB-3} sont sensiblement égales aux valeurs calculées.

En admettant que le point neutre de la génératrice ne se déplace pas, nous pouvons non seulement prévoir les tensions entre phases de la génératrice, mais aussi le déplacement du point neutre de la charge par rapport à celui de la génératrice [$E_{OB} - E_{OG}$].

L'accord entre les valeurs obtenues et les valeurs prévues est satisfaisant ainsi que le montre, pour chacune des huit combinaisons, le tableau II ; nous avons déterminé la grandeur de l'harmonique 3 de la même façon que dans les paragraphes précédents. Les connexions étaient identiques.

Les résultats de la dernière colonne démontrent que l'harmonique 3 possède (comme la théorie le prévoit) la même amplitude pour huit points arbitrairement choisis.

La moyenne des huit valeurs des tensions prises entre les bornes nous donne 2,59 v. Comme le rayon du cercle $M_1 Q = 5$ A, nous trouvons pour valeur de k_1

$$\frac{2{,}50\sqrt{3}}{5} = 0{,}9 \text{ ohm},$$

valeur confirmant nos essais précédents.

VIII. **Equivalence d'une charge déséquilibrée et d'une charge monophasée.** — Nous dirons qu'une charge monophasée est équivalente à une charge triphasée déséquilibrée, si les deux charges ont le même courant inverse. D'après notre théorie, elles doivent créer le même harmonique 3 dans l'induit.

La colonne ε du tableau III montre que, pour une excitation qui ne soit pas trop faible, l'harmonique 2 dans l'inducteur est proportionnel à l'harmonique 3 de l'induit. Par conséquent, pour vérifier que deux systèmes de courants qui possèdent le même courant inverse engendrent le même harmonique 3 dans l'induit, il suffit de vérifier que la différence d'ordre entre les résultats des colonnes affectées des indices a, qui représentent la charge triphasée déséquilibrée et ceux des colonnes affectées des indices b, qui représentent la charge monophasée, est pratiquement nulle.

La colonne i_m indique l'excitation utilisée.

La colonne i_2 donne le courant de l'harmonique 2 ; C', la capacité dont on a fait usage et f, la fréquence.

La dernière colonne donne, en centièmes, les écarts entre les lectures de i_2 en triphasé déséquilibré et en monophasé équivalent.

Chargeons la génératrice pour une excitation i_m avec trois courants I_1, I_2, I_3.

Par les procédés déjà connus, mesurons la tension de l'harmonique 2 dans l'inducteur avec une capacité connue C et un milliampèremètre i_c (fig. 7).

Traçons le triangle I_1, I_2, I_3 et avançons le vecteur I_1 de 60°, nous trouvons $M_1 Q = I_1\sqrt{3}$ (fig. 8). $M_1 Q$ représente la charge monophasée équivalente.

(1) **Voir les articles déjà cités.**

Digitized by Google

TABLEAU III.

N° DE L'ESSAI	I_1	I_2	I_3	$I_i\sqrt{3}$	i_m	i_2	C	f	ε
	COURANT PAR PHASE EN AMPÈRES			COURANT INVERSE EN AMPÈRES	COURANT D'EXCITATION EN AMPÈRES	COURANT DE L'HARMONIQUE DEUX EN AMPÈRES	CAPACITÉ EN MICROFARADS	PÉRIODES PAR SECONDE	ÉCART ENTRE LES ESSAIS a ET b EN CENTIÈMES
1_a	20,2	23,05	9,25	13,85	3,21	**87,5**	6,50	43,5	3,36
1_b	13,85	13,85			3,21	**84,9**	6,50	44,3	
2_a	16,10	25,25	18,90	10,25	2,25	**78,0**	2,81	45,5	0,43
2_b	10,25	10,25			2,25	**78,2**	2,80	46,0	
3_a	14,40	16,80	5,0	11,80	1,89	**60,1**	1,00	45,5	2,50
3_b	11,80	11,80			1,89	**57,8**	1,00	45,0	
4_a	10,25	19,30	13,25	10,0	1,52	**75,4**	1,00	45,5	1,12
4_b	10,00	10,00			1,52	**73,8**	1,00	45,0	
5_a	4,6	9,3	6,3	5,4	0,80	**76,2**	1,00	45,0	4,05
5_b	5,4	5,4			0,80	**79,5**	1,00	46,0	

Laissons l'excitation i_m invariable et chargeons maintenant la génératrice en monophasé avec le courant $I_i\sqrt{3}$. D'après notre théorie, le milliampèremètre doit indiquer le même courant dans les inducteurs. Le tableau III donne les résultats des expériences.

CONCLUSION. — Quelles que soient l'excitation et la charge, une charge déséquilibrée et une charge monophasée équivalente créent le même harmonique 3 dans l'induit et le même harmonique 2 dans l'inducteur.

Louis-G. STOKVIS,
Docteur-Ingénieur.

Revues, analyses et informations

Décharge d'un condensateur à travers un circuit gazeux (1).

Tout changement dans les conditions électriques d'un circuit, qu'il soit interne, comme un changement de charge, des manœuvres de mise en marche et de branchement, des courts-circuits, ou externe, comme ceux qui sont dus à la foudre, implique un réajustement des énergies électromagnétique et électrostatique accumulées du circuit, c'est ce qu'on appelle une transition (*transient*). Cette transition a le caractère général de la décharge d'un condensateur dans un circuit inductif. Le phénomène de la décharge d'un condensateur dans un circuit inductif a donc la plus grande importance pour l'ingénieur, étant la cause principale des troubles à haute tension et à haute fréquence dans les circuits électriques.

Avec le développement de la radio-communication (sans fil ou avec fil), la décharge d'un condensateur a pris une grand importance supplémentaire puisque, à l'exception de quelques-unes des plus puissantes stations transocéaniques, qui emploient des alternateurs à haute fréquence, la source de puissance dans toute radio-communication est la décharge du condensateur dans le circuit inductif, sous forme d'onde amortie ou non-amortie. Dans la radio-télégraphie par onde non amortie, le circuit de décharge du condensateur est accouplé avec une source de puissance électrique — une batterie — de telle façon que, sans modifier le caractère de l'oscillation, une énergie suffisante soit déversée dans le circuit pour entretenir cette oscillation, de même que, dans l'horloge, le pendule est accouplé avec une source d'énergie mécanique — poids ou ressort — de façon à maintenir son oscillation non amortie.

La décharge du condensateur dans un circuit inductif est ainsi un des plus importants phénomènes que l'ingénieur ait à étudier. Mais les équations classiques de cette décharge ne s'appliquent que quand la résistance du circuit est constante, ou pratiquement telle, c'est-à-dire quand toute la dissipation d'énergie se produit dans une résistance métallique ou électrolytique; la résistance produit alors une chute de tension proportionnelle au courant et celle-ci devient nulle pour un courant nul. Ces équations classiques ne s'appliquent pas, même approximativement, quand la résistance du circuit n'est pas constante, mais varie avec le courant. C'est le cas dans un circuit gazeux, tel qu'un éclateur, un tube à vide; etc., or il est rare que la décharge du condensateur dans un circuit inductif ne comprenne pas, au moins comme partie de sa résistance dissipatrice d'énergie, un circuit gazeux.

L'auteur analyse longuement ce cas général, qu'il subdivise en plusieurs et conclut ainsi :

La décharge du condensateur dans un circuit inductif de

(1) Charles P. STEINMETZ. *Journal of the American Institute of electrical Engineers*, mars 1922, t. XLI, p. 210-223, 11 000 mots, 13 fig.

Digitized by Google

résistance ohmique négligeable, mais contenant un circuit gazeux, est toujours oscillante.

L'oscillation se compose d'un nombre fini de demi-ondes. Moins elles sont nombreuses, plus grande est la dissipation d'énergie dans le circuit gazeux.

L'oscillation s'arrête brusquement, laissant dans le condensateur une tension finie et une charge, qui peuvent être du même sens que la tension initiale ou du sens opposé.

La fréquence des demi-ondes successives n'est pas constante, mais décroît, donc la longueur d'onde décroît dans les demi-ondes successives. Si la chute de potentiel dans le circuit gazeux est constante, la décharge se compose d'ondes sinusoïdales pures. Dans un circuit de résistance ohmique négligeable, la décroissance des demi-ondes successives est une constante.

Dans un tel circuit, la décharge ne devient non oscillante que si, en plus du circuit gazeux, il contient une résistance ohmique plus grande que la résistance critique des équations classiques.

Si la chute de potentiel dans le courant gazeux décroît quand le courant croît, les ondes de décharge sont cumulatives, c'est-à-dire que le courant augmente pendant chaque demi-onde et l'atténuation de l'onde est due à ce que l'amplitude des demi-ondes successives décroît à l'inversion du courant, mais l'exposant du terme exponentiel est positif.

Un tel circuit se comporte comme la combinaison d'une force contre-électromotrice constante et d'une résistance négative.

La décharge dans un tel circuit ne devient non oscillante que si, en plus du circuit gazeux, il contient une résistance ohmique plus grande que la somme de la résistance critique des équations classiques et de la résistance négative du circuit gazeux.

La décharge du condensateur dans un circuit inductif contenant, en plus d'une résistance ohmique, un circuit gazeux, est intermédiaire entre la décharge dans un circuit gazeux pur et la décharge que définissent les équations classiques, mais elle garde toujours les caractéristiques de la décharge dans un circuit gazeux, qui sont : un nombre fini de demi-ondes, une charge résiduelle dans le condensateur, un décroissement de la fréquence et un changement, souvent même une inversion de la constante d'atténuation. — P. L.

La radiotélégraphie (1).

Les progrès récents de la radiotélégraphie sont dus surtout aux lampes ou tubes à vide qui servent non seulement comme détecteurs et comme amplificateurs, mais aussi comme générateurs d'oscillations entretenues. On peut obtenir de grandes puissances à l'émission (jusqu'à 100 kw dans l'antenne) au moyen de tubes en parallèle. Les difficultés rencontrées au début pour la mise en parallèle de nombreux tubes à vide ont été surmontées et l'on réunit actuellement des groupes de 60 lampes fonctionnant sous une tension plaque de 12 000 v La durée des tubes à vide a été augmentée et des lampes d'émission de 4 kw auront une durée qui dépassera largement 5 000 heures. On étudie d'ailleurs des lampes d'émission qui permettront d'obtenir 25 et même 75 kw dans l'antenne.

De notables progrès ont été réalisés dans les circuits d'antenne et les pertes dans les self-inductances d'antenne ont été considérablement réduites. Les derniers résultats montrent qu'il est possible d'obtenir un rendement de rayonnement atteignant 50 pour 100 pour des longueurs d'onde de 20 000 m. Les mesures effectuées par Round ont montré que l'on peut obtenir un rendement de 70 pour 100 entre la puissance fournie aux plaques et la puissance dans l'antenne, ce qui donne un rendement de 35 pour 100 entre la puissance fournie aux plaques et la puissance réellement rayonnée dans l'espace. Sur les plus courtes longueurs d'onde, il est possible d'accroître encore ce rendement, bien que le résultat ne vaille pas la dépense supplémentaire nécessaire, et l'auteur cite le cas d'une station anglaise travaillant sur 3 000 m de longueur d'onde avec une hauteur de mât de 100 m, et qui possède un rendement total entre l'énergie rayonnée et celle qui est fournie aux lampes de 40 pour 100.

On s'est également préoccupé de maintenir la fréquence constante. Des méthodes simples et sûres de manipulation à grande vitesse permettent de télégraphier à plus de 200 mots à la minute sur les ondes courtes et, sur les ondes longues, à n'importe quelle vitesse permise par les constantes d'antenne. Des services publics à 100 mots à la minute sont réalisés à Paris et à Berne, au moyen d'une seule antenne émettrice avec deux longueurs d'onde employées simultanément. Pratiquement, tout le trafic s'opère par appareils imprimeurs, sauf lorsque les parasites sont trop violents, auquel cas l'on doit recourir à l'appareil ondulateur ou même, exceptionnellement à la lecture au son.

La réception s'effectue au moyen d'un cadre avec amplificateurs à résonance à haute et basse fréquence. Ces récepteurs sont, en général, du type sélectif et antiparasite. Actuellement, d'après l'auteur, on travaille à une vitesse de 8 à 10 fois plus grande que celle que l'on pouvait réaliser en 1912 dans les mêmes conditions atmosphériques.

L'auteur s'est proposé de rechercher s'il est possible ou non d'envoyer des signaux autour de la terre jusqu'aux antipodes. Les résultats qu'il a obtenus et la facilité relative avec laquelle les signaux vont d'Angleterre en Australie, semblent indiquer qu'il y a quelque chose de vrai dans l'idée que les ondes hertziennes voyagent autour de la terre par divers chemins et se réunissent au voisinage des antipodes.

Des expéditions faites au Brésil et en Nouvelle-Zélande ont montré, pour la première fois, que les signaux provenant de stations lointaines ne suivent pas toujours le grand cercle, mais arrivent au poste récepteur par des chemins variables autour de la terre. C'est ainsi que, d'après le rapport de M. Tremellen qui dirigeait l'expédition en Nouvelle-Zélande, les signaux de Nauen (Allemagne) semblaient arriver du Pôle Sud, tandis que ceux de Hanovre (Allemagne également) semblaient provenir du Pôle Nord.

Toutes ces observations ont montré la nécessité de modifier la formule de transmission d'Austin-Cohen, pour les grandes distances. En particulier, il faudrait tenir compte du fait que la transmission à longue distance semble plus facile de l'Ouest à l'Est que dans le sens inverse.

Il existe une autre branche importante de la radiotélégraphie qui a été négligée pendant trop longtemps, à savoir l'application des ondes courtes à la radiotélégraphie dirigée et à la radiotéléphonie. L'auteur avait déjà étudié la question en 1896, au début de la télégraphie sans fil, mais ce n'est qu'en 1916 qu'il eut de nouveau l'idée d'utiliser les ondes courtes en combinaison avec des réflecteurs. De telles ondes obéissent, en effet, aux lois ordinaires de l'optique ; elles ne craignent aucune perturbation du fait des parasites, et seuls les appareils d'allumage des voitures et canots automobiles peuvent les gêner. Les réflecteurs, outre qu'ils donnent un fonctionnement directionnel et qu'ils économisent de la puissance, offrent aussi l'avantage de n'apporter aucune distorsion à la voix.

Les expériences effectuées ont montré qu'il est possible de réaliser un service excellent sur des distances considérables, à l'aide d'ondes électriques de l'ordre de 15 à 20 m de longueur.

Un tel système pourrait être utilisé efficacement pour donner leur position aux navires dans les parages dangereux.

Comme l'a montré Hertz, les ondes électriques peuvent être complètement réfléchies par des corps conducteurs. Il

(1) G. Marconi. *Journal of the American Institute of electrical Engineers*, t. XLI, p. 561-570, 9000 mots, 12 fig.

Digitized by Google

serait donc possible de construire des appareils grâce auxquels un navire pourrait rayonner ou projeter un faisceau divergent de ces rayons dans une direction déterminée; ces rayons en tombant sur un objet métallique tel qu'un autre navire, seraient réfléchis et reçus à bord du navire émetteur sur un récepteur protégé contre l'action du local d'émission. On serait donc ainsi informé immédiatement de la présence et de la direction de l'autre navire, avantage précieux en temps de brume. — G. M.

Deux méthodes rapides pour le calcul des lignes à courant continu (1).

La formule qui permet ce calcul est très simple et son emploi est aisé lorsqu'il s'agit d'une seule section. Mais si l'on doit considérer une ligne présentant, le long de son parcours, un nombre élevé de dérivations, le calcul devient plus laborieux. En effet, on est d'abord amené à composer cette ligne de tronçons présentant une section de plus en plus faible et, d'autre part, on est obligé, à cause des chutes de tensions que l'on doit calculer pour ces différents tronçons, de tâtonner avant d'arriver au résultat définitif.

Deux méthodes, cependant, permettent de faire ce calcul d'une façon rapide; ce sont les abaques et la règle à calcul spéciale.

1° Abaques. — La formule servant au calcul des conducteurs

$$s = \rho \frac{ll}{e},$$

dans laquelle s est la section; ρ, la résistivité du métal; l, la longueur de la ligne; I, l'intensité du courant et e, la chute de tension, peut s'écrire

$$\frac{s}{\sqrt{\rho}} \times \frac{e}{\sqrt{\rho}} = lI,$$

qui est, dans le cas général du problème, de la forme

$$xy = lI = C^{te}.$$

On peut donc calculer s ou e et inversement l ou I par la simple construction d'une quatrième proportionnelle, c'est-

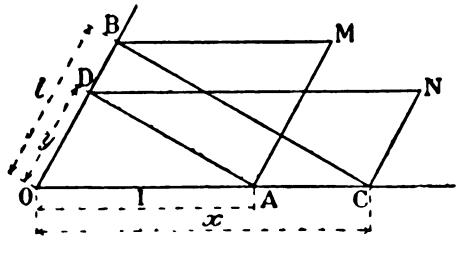


Fig. 1.

à-dire que l'opération se réduit à tracer une droite et la parallèle à cette droite (fig. 1). Afin de permettre la lecture directe, dans les deux cas, les axes de coordonnées doivent porter deux échelles : en abscisse par exemple on aura à la fois soit les valeurs de x, soit les valeurs de $s = \sqrt{\rho}\,x$.

Ces abaques se réduisant à de simples échelles peuvent être établis par le calculateur lui-même, en les modifiant conformément à ses besoins. Il peut, en particulier, adopter à volonté des axes rectangulaires ou obliques. On a donné (fig. 2) trois abaques qui ne diffèrent que par les unités graphiques choisies de manière à obtenir, pour trois cas très différents, des dessins présentant sensiblement la même facilité d'application.

2° Règle a calcul. — Cet instrument est construit comme les règles à calcul usuelles; il en diffère seulement par la combinaison des échelles. Celles-ci sont au nombre de quatre : *l'échelle des intensités*, tracée sur le bord inférieur de la partie fixe et graduée de gauche à droite; *l'échelle des*

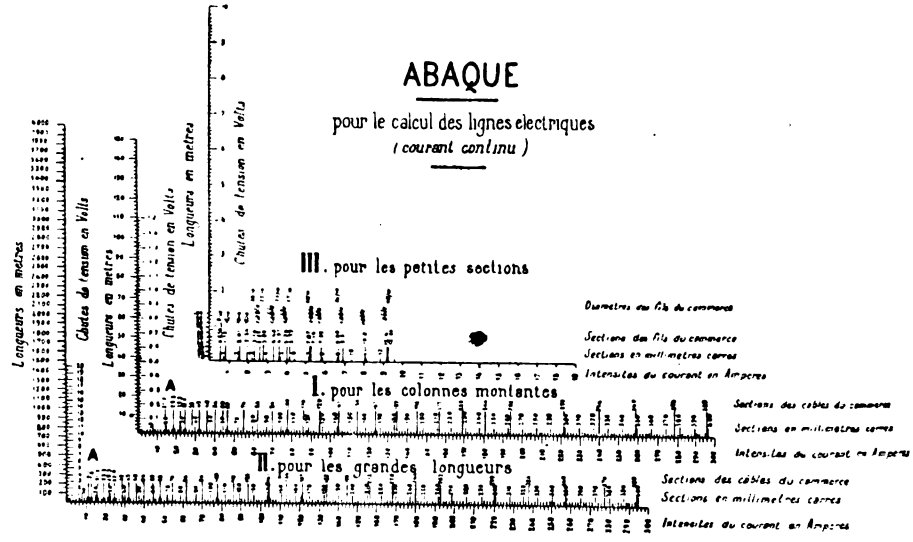


Fig. 2.

longueurs, sur le bord inférieur du coulisseau, en sens inverse de la première; *l'échelle des sections*, sur le bord supérieur de ce même coulisseau et dans le même sens que la précédente; *l'échelle des chutes de tension*, tracée sur le bord supérieur de la règle et allant de gauche à droite. Les deux dernières sont des échelles logarithmiques, les deux premières sont des échelles identiques, mais décalées par rapport aux autres d'une longueur qu'il est facile de calculer.

La formule que nous avons rappelée

$$\frac{e}{\sqrt{\rho}} \times \frac{s}{\sqrt{\rho}} = lI.$$

se traduit sur la règle par

$$\log e + \log s = \log l + \log I + 2 \log \sqrt{\rho},$$

ainsi qu'on le voit sur la figure 3. Cette règle peut notam-

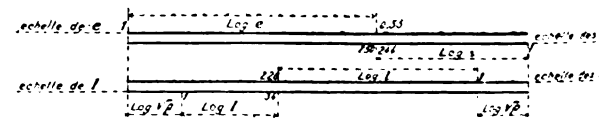


Fig. 3.

ment rendre de grands services pour le calcul des colonnes montantes dans les immeubles. — B. E.

(1) M.-E. Dareste. *Bulletin de la Société des Ingénieurs civils de France*, avril-juin 1922, t. LXXIX, p. 137-147, 2 500 mots, 4 fig.

Digitized by Google

SECTION INDUSTRIELLE

Sur l'utilisation de l'énergie des marées

Sous ce titre a paru, dans le numéro de la « R. G. E. » du 4 mars 1922, t. XI, p. 313 à 322, un article dans lequel M. Defour étudiait, en prenant comme exemple une marée de 10 m d'amplitude, quatre cycles d'opérations proposés pour l'utilisation de l'énergie des marées. Dans l'article ci-dessous, dont la publication s'est trouvée retardée par suite de diverses circonstances, M. Defour étend cette étude à une série de marées de mortes eaux et de vives eaux. De cette extension, il déduit la puissance moyenne que l'on peut obtenir d'un bout à l'autre de l'année, dans la région de Saint-Malo, de l'application de chacun de ces quatre cycles, en utilisant les excédents d'énergie dont on dispose lors des marées de vives eaux pour emmagasiner de l'eau, qui est ultérieurement employée pour combler les déficits qui se manifestent lors des marées de mortes eaux. Il calcule ensuite les superficies des réservoirs et de la ventellerie, les puissances des installations de turbines de l'usine principale ainsi que des installations de pompes et de turbines de l'usine de secours, en envisageant successivement chacun des quatre cycles considérés. Il termine par une comparaison des résultats de ces calculs, comparaison qui montre que le cycle d'opérations préconisé par l'auteur, le cycle Defour, présente des avantages marqués sur les trois autres.

Introduction. — Dans la première partie de cette étude, nous nous sommes attaché à démontrer qu'en choisissant convenablement le cycle des opérations il était possible d'obtenir, pendant toute la durée d'une marée, une puissance mécanique sensiblement constante; incidemment, nous avons montré que l'application au cycle Maire du pompage au moment des étales, proposé par M. Claude, n'améliore pas sensiblement le rendement de ce cycle comme, d'ailleurs, l'avait déjà reconnu M. Claude lui-même. Pour cela, nous avons considéré la courbe d'une marée de 10 m d'amplitude tracée d'après les données contenues dans les « Ephémerides astronomiques et Annuaire des Marées de 1920 » et avons déterminé la puissance que peut donner, à chaque instant, chacun des quatre cycles d'opérations suivants : cycle Maire, cycle Claude, cycle Etat, cycle Defour.

Mais il ne suffit pas de pouvoir régulariser la puissance au cours d'une marée particulière ; il faut encore arriver à compenser les faibles quantités d'énergie fournies par les marées de mortes eaux au moyen des quantités d'énergie, beaucoup plus considérables, que l'on obtient des marées de vives eaux, et cela sans augmenter outre mesure l'importance et, par suite, le coût des installations. Nous nous proposons, dans cette seconde partie de notre étude, d'établir qu'il est possible d'obtenir une régularisation de la puissance au cours d'une année entière tout en satisfaisant pratiquement à la condition énoncée en dernier lieu.

Afin de raisonner sur un cas concret, nous avons effectué nos calculs dans l'hypothèse d'une installation réalisée dans la région de Saint-Malo.

Dans cette région, la moyenne des amplitudes des 683 marées d'une année est, d'après les « Ephémerides astronomiques et Annuaire des Marées de 1920, de 5 766 : 683 = 8,44 m. Si les « excédents » d'énergie fournis par les marées de plus grande amplitude pouvaient être utilisés sans perte pour compenser les « déficits » d'énergie des marées de moindre amplitude, il nous suffirait de calculer la moyenne des puissances obtenues au cours de cette marée de 8,44 m pour avoir la puissance constante que l'on pourrait obtenir pendant toute l'année au moyen d'installations appropriées. Mais nous devons tenir compte du rendement des pompes employées pour refouler l'eau de la mer dans les réservoirs lors des marées de grande amplitude et du rendement des turbines qui, lors des marées de faible amplitude, transformeront en énergie mécanique l'énergie potentielle de l'eau des réservoirs de secours. Le rendement global des deux opérations étant 0,5 environ, il faut donc, pour qu'il y ait compensation des marées de mortes eaux par celles de vives eaux, que la somme des excédents d'énergie des premières soit sensiblement le double des déficits d'énergie des secondes. Nous avons reconnu que, pour qu'il en soit ainsi, il convenait de prendre pour point de départ une marée de 8,05 m d'amplitude.

Nous commencerons donc par étudier la régularisation d'une marée de cette amplitude, c'est-à-dire que nous chercherons la puissance constante qui, pendant toute la durée de cette marée, est susceptible d'être distribuée en dehors de l'usine, les excédents de puissance disponibles à certains moments produisant une énergie totale double de celle résultant des déficits de puissance à d'autres moments. C'est ce que nous appellerons la puissance régularisée de la marée.

Nous examinerons ensuite, en nous plaçant dans les mêmes conditions, la régularisation d'une série de

Digitized by Google

marées consécutives comprenant des marées de vives eaux et des marées de mortes eaux. Nous chercherons la puissance régularisée correspondant à cet ensemble et, comme on verra par les tableaux publiés plus loin, nous trouverons pour cette puissance des valeurs différant à peine de celles trouvées pour la marée de 8,05 m d'amplitude, ce qui justifie à posteriori le choix de celle-ci, indiqué par des calculs préliminaires, comme point de départ de notre étude de la régularisation.

Ayant ainsi déterminé pour chacun des cycles la puissance régularisée, nous indiquerons sommairement les résultats des calculs concernant la superficie de la ventellerie et des réservoirs de secours ainsi que de la puissance des turbines et des pompes qu'il y a lieu d'installer pour réaliser la régularisation de la puissance produite respectivement par chaque cycle.

Régularisation d'une marée moyenne de 8,05 mètres d'amplitude. — Les hauteurs de chute et les hauteurs de dénivellation des réservoirs en fonctionnement, pour cette marée moyenne de 8,05 m, sont déduites par proportionnalité de celles indiquées sur les figures 1, 3, 5 et 7 (*R. G. E.*, 4 mars 1922, t. XI, p. 315 à 320) pour une marée de 10 m d'amplitude.

1° Cycle Maire. — Pour le calcul des puissances produites nous procéderons de même que nous l'avons fait pour l'amplitude de 10 m (fig. 1), c'est-à-dire que nous diviserons la phase de remplissage en douze parties d'une durée de 37,5 minutes et celle de vidange également en treize parties d'une durée de 37 minutes; chacune de ces parties constitue ce que nous appellerons une « opération ».

Le tableau I donne les résultats des calculs pour chaque opération. Dans la première colonne est indiqué le numéro d'ordre de l'opération, le même numéro étant adopté pour deux opérations relatives, l'une au réservoir P, l'autre au réservoir R, quand elles se font simultanément. La seconde colonne donne la hauteur moyenne de chute pour chaque réservoir; la troisième, la variation de hauteur du niveau de l'eau dans le réservoir en remplissage ou en vidange, variation qui est proportionnelle au débit de l'eau dans les turbines. Dans la quatrième est inscrit le produit des nombres des deux colonnes précédentes, produit qui est proportionnel à la puissance moyenne disponible pendant la durée de chaque opération. La colonne suivante donne la somme des puissances moyennes pouvant être fournie par l'ensemble des deux réservoirs. Dans la dernière est indiquée la différence, en plus ou en moins, de cette somme sur la puissance régularisée de la marée considérée.

Tableau I. — *Cycle Maire.*

Opérations N°s	Hauteur moyenne de chute pendant chaque opération en mètres		Variation de la hauteur d'eau dans les réservoirs pendant chaque opération en mètres		Produit de la hauteur de chute par la variation de hauteur d'eau		Puissance moyenne obtenue pendant chaque opération en chevaux		Puissance moyenne totale pendant chaque opération	Excédent ou déficit de la puissance pendant chaque opération sur la puissance régularisée de 3 290 ch	
	réservoir P	réservoir R	réservoir P	réservoir R	réservoir P	réservoir R	réservoir P	réservoir R		excédent	déficit
1	1,43	3,54	0,28	0,25	0,40	0,92	970	2 420	3 390	100	
2	2,47	1,85	0,28	0,25	0,69	0,48	1 570	1 270	2 840		450
3	3,58		0,28		1,00		2 420		2 420		870
4	4,68		0,28		1,31		3 170		3 170		120
5	5,62		0,28		1,58		3 820		3 820	530	
6	6,15		0,28		1,72		4 160		4 160	870	
7	6,40		0,28		1,80		4 350		4 350	1 060	
8	5,83		0,28		1,63		3 950		3 950	660	
9	5,13		0,28		1,44		3 500		3 500	210	
10	4,10	1,21	0,28	0,26	1,15	0,32	2 780	840	3 620	330	
11	2,87	1,87	0,28	0,26	0,80	0,49	1 940	1 290	3 230		60
12	1,59	2,65	0,28	0,26	0,44	0,69	1 030	1 820	2 850		440
13		3,47		0,26		0,90		2 370	2 370		920
14		4,27		0,25		1,11		2 930	2 930		360
15		4,99		0,26		1,30		3 440	3 440	150	
16		5,55		0,26		1,44		3 800	3 800	510	
17		5,87		0,26		1,52		4 000	4 000	710	
18		5,91		0,26		1,54		4 060	4 060	770	
19		5,55		0,26		1,44		3 800	3 800	510	
20		4,79		0,26		1,24		3 270	3 270		20

2° Cycle Claude. — Les hypothèses sont les mêmes que pour le cycle précédent.

Le tableau II, qui résume les calculs des puissances pour les diverses opérations des phases de ce cycle, renferme les mêmes données que le tableau I, à cela près que, en même temps que les puissances moyennes fournies pendant chaque opération, il indique aussi la puissance moyenne dépensée pour le pompage.

Digitized by Google

TABLEAU II. — *Cycle Claude.*

OPÉRATIONS N°s	HAUTEUR moyenne de chute pendant chaque opération en mètres		VARIATION de la hauteur d'eau dans les réservoirs pendant chaque opération en mètres		PRODUIT de la hauteur de chute par la variation de hauteur d'eau		PUISSANCE MOYENNE obtenue pendant chaque opération en chevaux		PUISSANCE ABSORBÉE PAR LE POMPAGE	PUISSANCE MOYENNE TOTALE PENDANT CHAQUE OPÉRATION	EXCÉDENT OU DÉFICIT de la puissance pendant chaque opération sur la puissance moyenne de 3 300 ch	
	réservoir P	réservoir R	réservoir P	réservoir R	réservoir P	réservoir R	réservoir P	réservoir R			excédent	déficit
1	1,94	4,01	0,282	0,26	0,548	1,04	1 333	2 730		4 083	783	
2	2,95	2,32	0,282	0,26	0,833	0,60	2 015	1 380		3 595	295	
3	4,06		0,282		1,14		2 760			2 760		540
4	5,16		0,282		1,45		3 500			3 500	200	
5	6,10		0,282		1,72		4 150			4 150	850	
6	6,63		0,282		1,87		4 520			4 520	1 220	
7	6,67		0,282		1,88		4 550			**4 550**	**1 250**	
8	6,31		0,282		1,78		4 300		1 690	2 600		700
9	5,61		0,282		1,58		3 820		1 690	2 130		1 170
10	4,58	1,67	0,282	0,26	1,30	0,435	3 140	1 150		4 290	990	
11	3,35	2,34	0,282	0,26	0,96	0,61	2 300	1 600		3 900	600	
12	2,10	3,22	0,282	0,26	0,59	0,835	1 430	2 200		3 630	330	
13		3,95		0,26		1,02		2 700		2 700		600
14		4,74		0,26		1,23		3 250		3 250		50
15		5,46		0,26		1,42		3 750		3 750	450	
16		6,02		0,26		1,58		4 150		4 150	850	
17		6,36		0,26		1,65		4 350		4 350	1 050	
18		6,40		0,26		1,67		4 400		4 400	1 100	
19		6,01		0,26		1,58		4 150	1 534	2 616		684
20		5,27		0,26		1,37		3 600	1 534	**2 066**		**1 234**

CYCLE ÉTAT. — Pour les calculs des puissances utilisables, le cycle est divisé en 25 « opérations » ayant chacune une durée de 30 minutes. Le tableau III résume ces calculs.

CYCLE DEFOUR. — Les calculs relatifs aux puissances obtenues pendant les diverses opérations du cycle sont résumés dans le tableau IV.

RÉSUMÉ. — Les tableaux I à IV fournissent les éléments du tableau V donnant pour chacun des cycles considérés les différences entre la puissance maximum et la puissance minimum obtenues au cours d'une marée de 8,05 m d'amplitude et la puissance moyenne régularisée de cette même marée.

Ces divers tableaux montrent que, des quatre cycles étudiés, le quatrième est le seul qui assure une puissance ne variant que de 10 pour 100 au plus par rapport à la moyenne, de sorte que, avec lui, les différences peuvent être amorties normalement par les régulateurs des turbines.

Les grandes différences de puissance qui caractérisent les autres cycles obligent donc à faire intervenir l'usine de secours pour la régularisation d'une marée moyenne de 8,05 m.

Régularisation de la puissance pour les marées de mortes eaux et les marées de vives eaux. — Dans les tableaux précédents, nous avons indiqué les excédents et les manquants des diverses puissances successives réalisables à chaque opération d'une marée de 8,05 m d'amplitude sur la puissance régularisée d'une telle marée, autrement dit nous avons soumis la marée moyenne de 8,05 m à la régularisation qu'elle exige et nous nous servirons du résultat obtenu pour en déduire les diverses puissances d'une série de marées consécutives nécessaires pour amortir les mortes et les vives eaux. Il nous faut maintenant évaluer les excédents et les déficits au cours d'une lunaison afin de pouvoir régulariser, avec une série de marées consécutives des vives eaux, une série de marées consécutives de mortes eaux.

En nous basant sur le fait déjà signalé (*R. G. E.*, 4 mars 1922, t. XI, p. 321) que la moyenne des amplitudes des marées de vingt et un jours consécutifs pris au hasard dans l'année est très sensiblement la même, nous avons choisi une période de vingt et un jours dans laquelle se trouve une pointe d'énergie de vives eaux, dont l'excédent correspondant n'atteintpas la moyenne des excédents des diverses « pointes » de vives eaux, de l'année, ainsi qu'une « descente » de mortes eaux dont les déficits correspondants soient plutôt supérieurs aux déficits des diverses « descentes » de l'année (1), afin de suffire aux besoins des cas les plus défavorables à n'importe quelle époque de l'année.

Les calculs préliminaires que nous avons effectués

(1) Nous employons le terme « descente » par opposition au terme « pointe », terme qui a été de tout temps adopté pour les diagrammes de puissance.

Digitized by Google

TABLEAU III. — *Cycle Etat.*

OPÉRATIONS N°s	HAUTEUR MOYENNE de chute en mètres	VARIATION de la hauteur d'eau dans le réservoir en mètres	PRODUIT de la hauteur de chute par la variation de la hauteur d'eau	PUISSANCE MOYENNE obtenue en chevaux	EXCÉDENT OU DÉFICIT de la puissance pendant chaque opération sur la puissance régularisée de 2 600 ch	
					excédent	déficit
			Remplissage du réservoir.			
1	néant	néant	néant	néant		2 600
2	néant	néant	néant	néant		2 600
3	0,925	0,20	0,185	437		2 163
4	1,525	0,35	0,534	1 260		1 340
5	**2,225**	**0,50**	**1,11**	**2 630**	30	
6	2,875	0,55	1,58	3 750	1 150	
7	3,325	0,65	2,16	5 100	2 500	
8	3,500	0,90	3,15	7 500	4 900	
9	3,375	1,00	3,38	8 000	5 400	
10	2 825	1,30	3,67	8 700	6 100	
11	1,626	1,75 7,20	2,84	6 750	4 150	
12	néant	néant	néant	néant		2 600
13	néant	néant	néant	néant		2 600
14	néant	néant	néant	néant		2 600
			Vidange du réservoir.			
15	1,075	0,10	0,108	257		2 343
16	1,625	0,15	0,244	580		2 020
17	2,225	0,20	0,445	1 060		1 540
18	3,350	0,25	0,838	1 980		620
19	3,450	0,30	1,040	2 460		140
20	4,000	0,40	1,600	3 800	1 200	
21	4,350	0,50	2,180	5 200	2 600	
22	4,325	0,75	3,240	7 700	5 100	
23	**3,925**	1,10	4,320	10 200	7 600	
24	3,150	1,40	4,410	**10 500**	**7 900**	
25	1,725	2,10	3,620	8 600	6 000	

nous ont montré qu'il était possible de réduire encore la durée de la période envisagée pourvu que cette période satisfasse à certaines conditions. Celle qui y satisfait le mieux est la période qui s'étend du 9 au 25 septembre 1920 (1).

Pour obtenir l'énergie produite par chacune des marées régularisées de cette période, nous avons tout d'abord calculé la puissance régularisée correspondant à des marées ayant des amplitudes de 3, 4,... 13 m. Les résultats de ces calculs sont donnés dans la dernière colonne du tableau VI, pour chacun des cycles envisagés précédemment. Les colonnes intermédiaires indiquent : la seconde, la moyenne des hauteurs de chute pendant la marée considérée ; la troisième, la moyenne des dénivellations dans les réservoirs ; la quatrième, le produit des deux quantités précédentes ; la cinquième, la puissance moyenne pendant chaque opération. Le facteur K par lequel il faut multiplier le produit des nombres des troisième et quatrième colonnes pour avoir la puissance moyenne, exprimée en chevaux, est donné, comme il est facile de s'en rendre compte, par la formule

$$K = \frac{S \times P \times \eta}{t \times 75},$$

où S est la surface des réservoirs exprimée en mètres carrés ; P, le poids de 1 m³ d'eau de mer, que nous prenons égal à 1 000 kg ; η, le rendement des turbines, que nous avons supposé égal à 0,80 ; t, la durée d'une marée exprimée en secondes ; enfin 75, le facteur de conversion des chevaux en kilogrammètres par seconde.

Déterminant alors l'amplitude, à Saint-Malo, de chacune des marées de la période considérée en nous servant des données contenues dans l'« Annuaire des Marées pour l'année 1920 », nous avons calculé, par interpolation au moyen des nombres de la dernière colonne du tableau VI, la puissance moyenne qu'il est possible d'obtenir, suivant le cycle utilisé, pour chacune de ces marées. Puis, calculant la puissance régularisée des trente marées de la période considérée, nous avons cherché de combien la puissance moyenne de chaque

(1) Cette période peut être considérée comme défavorable au point de vue de la possibilité de régularisation de la puissance parce que, exceptionnellement, elle s'étend à 30 marées. Elle débute et se termine par une marée dont l'amplitude est très proche de 8,05 m, amplitude qui, dans les hypothèses de notre étude, ne donne lieu ni à un excédent ni à un manquant sur la puissance moyenne servant de base à la régularisation.

Digitized by Google

TABLEAU IV. — *Cycle Defour.*

OPÉRATIONS Nos	HAUTEUR MOYENNE de chute en mètres	VARIATION de la hauteur d'eau dans le réservoir en mètres	PRODUIT de la hauteur de chute par la variation de la hauteur d'eau	PUISSANCE MOYENNE obtenue pendant chaque opération en chevaux	EXCÉDENT OU DÉFICIT de la puissance pendant chaque opération sur la puissance régularisée de 4 640 ch	
					excédent	déficit
			Remplissage du réservoir P.			
1	2,05	1,01	2,070	4 625		15
2	2,15	0,96	2,064	4 610		30
3	2,36	0,87	2,053	4 586		54
4	2,62	0,80	2,096	4 682	42	
5	2,78	0,75	2,085	4 658	18	
6	2,80	0,75	2,100	4 691	51	
7	2,40	0,86	2,064	4 610		30
			Remplissage du réservoir R.			
8	5,17	0,19	0,982	4 463		177
9	4,77	0,21	1,002	4 551		89
10	4,12	0,25	1,030	4 680	40	
11	3,23	0,33	1,070	4 874	234	
12	2,13	0,48	1,020	4 646	6	
			Vidange du réservoir P.			
13	2,28	0,86	1,960	4 380		260
14	2,32	0,85	1,972	4 405		235
15	2,43	0,80	1,944	**4 342**		**298**
16	2,57	0,77	1,978	4 421		219
17	2,65	0,74	1,961	4 385		255
18	2,61	0,75	1,957	4 373		267
19	2,34	0,85	1,989	4 443		197
			Vidange du réservoir R.			
20	4,90	0,22	1,078	4 898	258	
21	4,70	0,24	1,128	**5 126**	**486**	
22	4,22	0,26	1,097	4 978	338	
23	3,40	0,33	1,122	5 098	458	
24	2,20	0,51	1,122	5 098	458	

TABLEAU V.

	CYCLE MAIRE	CYCLE G. CLAUDE	CYCLE ETAT	CYCLE DEFOUR
Puissance moyenne, en chevaux.....	3 290	3 300	2 600	4 640
Puissance maximum, en chevaux.....	4 360	4 550	10 500	5 126
Excédent de la puissance maximum sur la puissance régularisée.....	1 060	1 250	7 900	486
Puissance minimum..	2 370	2 066	néant	4 342
Déficit de la puissance minimum sur la puissance moyenne.....	920	1 234	2 600	298

marée est supérieure ou inférieure à cette puissance régularisée. Les résultats de ces calculs sont inscrits dans les tableaux VII, VIII et IX se rapportant respectivement aux cycles Maire, Etat et Defour (1); la troisième colonne donne la puissance moyenne de chaque marée, les quatrième et cinquième et sixième les différences positives (excédents) ou négatives (déficit) entre la puissance moyenne d'une marée et la puissance régularisée de l'ensemble des trente marées.

(1) Nous n'avons pas cru devoir établir le tableau se rapportant au cycle Claude. Les calculs faits pour une marée de 8,05 m montrent, en effet, que la puissance moyenne obtenue avec ce cycle est supérieure de 3 millièmes à peine à celle obtenue avec le cycle Maire (3 300 ch au lieu de 3 290), différence qui est inférieure aux erreurs résultant de l'approximation de nos calculs. Dans le tableau récapitulatif X, nous avons introduit de nouveau le cycle Claude afin d'avoir un ensemble rendant plus faciles les comparaisons ; les nombres de ce tableau relatifs au cycle Claude ont été déduits de ceux du cycle Maire par une simple proportionnalité.

Digitized by Google

TABLEAU VI. — *Puissances moyennes relatives à des marées de 3 à 13 m d'amplitude.*

AMPLITUDE de la marée en mètres	HAUTEUR MOYENNE de chute en mètres	DÉNIVELLATION MOYENNE des réservoirs en mètres	PRODUIT DES NOMBRES des 2 colonnes précédentes	PUISSANCE moyenne en chevaux
I. Cycle Maire (coefficient $K = 2\ 547$).				
3	1,78	0,101	0,18	457
4	2,375	0,135	0,32	812
5	2,97	0,168	0,50	1 270
6	3,55	0,204	0,72	1 830
7	4,15	0,235	0,975	2 480
8	**4,75**	**0,27**	**1,28**	**3 260**
9	5,32	0,305	1,62	4 130
10	5,90	0,337	1,99	5 050
11	6,51	0,374	2,43	6 180
12	7,13	0,405	2,80	7 150
13	7,70	0,440	3,40	8 650
II. Cycle Claude (coefficient $K = 2\ 515$).				
3	1,80	0,101	0,182	460
4	2,40	1,35	0,325	820
5	3,00	0,168	0,505	1 280
6	3,60	0,202	0,728	1 840
7	4,20	0,235	0,985	2 480
8	**4,81**	**0,27**	**1,30**	**3 270**
9	5,40	0,305	1,65	4 150
10	6,00	0,337	2,02	5 080
11	6,60	0,372	2,46	6 200
12	7,20	0,405	2,91	7 250
13	7,80	0,440	3,44	8 750
III. Cycle Etat (coefficient $K = 2\ 370$).				
3	0,825	0,19	0,155	365
4	1,10	0,25	0,275	650
5	1,37	0,31	0,42	990
6	1,63	0,375	0,62	1 470
7	1,93	0,44	0,85	2 010
8	**2,20**	**0,50**	**1,10**	**2 607**
9	2,43	0,555	1,36	3 220
10	2,75	0,625	1,72	4 070
11	3,00	0,69	2,07	4 900
12	3,30	0,75	2,47	5 850
13	3,60	0,81	2,91	6 900
IV. Cycle Dufour (coefficient $K = 800$).				
3	0,75	1,48	0,82	655
4	0,73	1,98	1,44	1 150
5	0,93	2,51	2,33	1 864
6	1,10	2,95	3,25	2 600
7	1,28	3,45	4,41	3 520
8	**1,46**	**3,95**	**5,78**	**4 620**
9	1,64	4,45	7,30	5 820
10	1,83	4,95	9,08	7 250
11	2,01	5,42	10,89	8 712
12	2,20	5,90	13,00	10 400
13	2,37	6,40	15,20	12 180

TABLEAU VII. — *Régularisation des mortes et des vives eaux. Cycle Maire.*

DATES Sept. 1920	AMPLITUDES des marées en mètres	PUISSANCE moyenne de chaque marée en chevaux	EXCÉDENT OU DÉFICIT de la puissance moyenne de chaque marée sur la puissance régularisée de 1 050 ch.	
			excédent	déficit
9	8,40	3 600	550	
10	8,90	4 050	1 000	
	10,00	5 100	2 050	
11	10,30	5 400	2 350	
12	11,10	6 250	3 200	
	11,60	6 800	3 750	
13	11,80	7 050	4 000	
	11,90	7 150	4 100	
14	11,80	7 050	4 000	
	11,60	6 800	3 750	
15	11,40	6 600	3 550	
	10,90	6 050	3 000	
16	10,50	5 600	2 550	
	9,90	5 000	1 950	
17	9,10	4 200	1 150	
	8,60	3 800	750	
18	7,70	3 000		50
	6,80	2 350		700
19	6,00	1 800		1 250
	5,10	1 300		1 750
20	4,80	1 150		1 900
	4,10	850		2 200
21	3,90	800		2 250
22	3,70	700		2 350
	4,40	1 000		2 050
23	4,50	1 050		2 000
	5,40	1 500		1 550
24	5,70	1 650		1 400
	6,80	2 350		700
25	7,30	2 700		350
	TOTAUX....	112 700	41 700	20 500

Si nous considérons les puissances moyennes inscrites dans les troisièmes colonnes de ces tableaux, leurs produits par la durée en heures des marées correspondantes donnent les quantités d'énergie, exprimées en chevaux-heure, que l'on peut capter pendant ces marées ; les produits des nombres inscrits dans les quatrième et cinquième colonnes par ces durées donnent les excédents ou manquants de ces quantités sur la quantité d'énergie correspondant à la puissance régularisée. Comme les durées des marées diffèrent peu les unes des autres, elles peuvent être considérées comme pratiquement égales. Nous pouvons prendre cette durée commune comme unité de temps et appeler « cheval-marée » l'unité d'énergie dérivée de cette unité de temps. Les totaux des nombres inscrits dans les troisièmes colonnes donnent alors, exprimées en chevaux-marée, les quantités d'énergie produites, avec les différents cycles, par l'ensemble des trente marées ; ceux des quatrième et cinquième colonnes, les quantités d'énergie en plus ou en moins de celle correspondant à la puissance régularisée. Les trois premières lignes du tableau X récapitulent les résultats des tableaux précé

Digitized by Google

TABLEAU VIII. — *Régularisation des mortes et des vives eaux. Cycle Etat.*

DATES Sept. 1920	AMPLITUDES des marées en mètres	PUISSANCE moyenne de chaque marée en chevaux	EXCÉDENT OU DÉFICIT de la puissance moyenne de chaque marée sur la puissance régularisée de 2 450 ch	
			excédent	déficit
9	8,40	2 850	400	
10	8,90	3 200	750	
	10,00	4 000	1 550	
11	10,30	4 250	1 800	
12	11,10	5 000	2 550	
	11,60	5 450	3 000	
13	11,80	5 600	3 150	
	11,90	5 750	3 300	
14	11,80	5 600	3 150	
	11,60	5 450	3 000	
15	11,40	5 350	2 900	
	10,90	4 800	2 350	
16	10,50	4 450	2 000	
	9,90	3 950	1 500	
17	9,10	3 300	850	
	8,60	3 000	550	
18	7,70	2 450	Néant	Néant
	6,80	1 900		550
19	6,00	1 450		1 000
	5,10	1 000		1 450
20	4,80	900		1 550
	4,10	650		1 800
21	3,90	600		1 850
22	3,70	550		1 900
	4,40	750		1 700
23	4,50	775		1 675
	5,40	1 100		1 350
24	5,70	1 280		1 170
	6,80	1 900		550
25	7,30	2 200		250
	TOTAUX....	89 505	32 800	16 795

TABLEAU IX. — *Régularisation des mortes et des vives eaux. Cycle Defour.*

DATES Sept. 1920	AMPLITUDES des marées en mètres	PUISSANCE moyenne de chaque marée en chevaux	EXCÉDENT OU DÉFICIT de la puissance moyenne de chaque marée sur la puissance régularisée de 4 380 ch.	
			excédent	déficit
9	8,40	5 100	720	
10	8,90	5 700	1 320	
	10,00	7 250	2 870	
11	10,30	7 700	3 320	
12	11,10	8 900	4 520	
	11,60	9 700	5 320	
13	11,80	10 100	5 720	
	11,90	10 300	5 920	
14	11,80	10 100	5 720	
	11,60	9 700	5 320	
15	11,40	9 400	5 020	
	10,90	8 600	4 220	
16	10,50	8 000	3 620	
	9,90	7 100	2 720	
17	9,10	5 950	1 570	
	8,60	5 300	920	
18	7,70	4 250		130
	6,80	3 350		1 030
19	6,00	2 600		1 780
	5,10	1 900		2 480
20	4,80	1 700		2 680
	4,10	1 250		3 130
21	3,90	1 100		3 280
22	3,70	1 000		3 380
	4,40	1 400		2 980
23	4,50	1 500		2 880
	5,40	2 100		2 280
24	5,70	2 300		2 080
	6,80	3 350		1 030
25	7,30	3 800		580
	TOTAUX....	160 500	58 820	29 720

TABLEAU X. — *Tableau récapitulatif de l'énergie obtenue par la régularisation périodique appliquée aux différents cycles*

		CYCLE MAIRE	CYCLE CLAUDE	CYCLE ETAT	CYCLE DEFOUR
Energie totale, en chevaux-marées.....		112 [illegible] 0	114 640	89 505	160 500
Excédents sur énergie régularisée.....		41 [illegible] 0	41 825	32 800	58 820
Déficits sur énergie régularisée.....		20 [illegible] 0	20 562	16 795	29 720
Puissance régularisée.....		3 0[illegible]0	3 050	2 450	4 380
Energie annuelle correspondant à la puissance régularisée..	en chevaux heure	26 [illegible]13 000	26 805 600	21 [illegible]11 000	38 325 000
	en kilowatts-heure	19 [illegible]78 730	19 702 116	15 774 570	28 168 875

dents en prenant cette unité d'énergie. La quatrième ligne de ce même tableau donne la puissance régularisée qui résulte de nos calculs; les lignes suivantes donnent, en chevaux-heure, puis en kilowatts-heure, les quantités annuelles d'énergie correspondantes.

Des nombres inscrits dans les tableaux VII à XI, nous avons déduit, pour deux des cycles considérés, le cycle Etat et le cycle Defour, les graphiques représentés par les figures 9 à 12, qui donnent : 1° la courbe de la variation en fonction du temps, du niveau de l'eau dans le réservoir de secours alimenté par les pompes ; 2° celle de la variation du niveau de la mer ainsi que celle relative au niveau de l'eau dans le ou les réservoirs de l'usine principale, la distance verticale entre deux points correspondants des deux courbes représentant la hauteur de chute utilisable à ce moment par les turbines de

Digitized by Google

l'usine principale ; 3° le graphique de la puissance disponible à chaque instant, la droite en trait discontinu tracée sur ce graphique indiquant la valeur de la puissance régularisée et la surface couverte de hachures inclinée indiquant l'énergie utilisable au cours des trente marées étudiées.

Superficie de la ventellerie nécessaire pour chacun des quatre cycles. — La ventellerie des chambres des turbines de l'usine principale sera calculée pour satisfaire au débit maximum d'une marée moyenne de vives eaux de 11 m d'amplitude. La ventellerie servant au remplissage et à la vidange des réservoirs doit également satisfaire aux exigences des cycles pour une marée de 11 m.

Les résultats des calculs effectués pour les différents cycles sont indiqués dans le tableau XI. Dans le cas du cycle Maire, on peut, pour le calcul, considérer soit le segment de courbe CD de la figure 1 (*R.G.E.*, 4 mars 1922, t. XI, p. 315) correspondant au remplissage, soit le segment A B de la même courbe, correspondant à la vidange ; on reconnaît facilement que le calcul conduit à peu près au même résultat pour l'un comme pour l'autre de ces segments de courbe.

TABLEAU XI. — *Superficie de la ventellerie.*

	CYCLE MAIRE	CYCLE CLAUDE	CYCLE ETAT	CYCLE DEPOUR
Chambre des turbines, 1er réservoir, en m²...	87	87	700	309
id 2e réservoir, en m²...	88	88	Néant	Néant
Alimentation ou vidange, 1er réservoir, en m²	317	282	223	363
id 2e réservoir, en m².	353	304	Néant	376
TOTAUX.....	855	761	923	1,048

Superficie des réservoirs de secours. — Les réservoirs de secours doivent être capables d'emmagasiner les quantités d'eau nécessaires pour que, par l'écoulement de cette eau au travers des turbines de l'usine de secours, on puisse produire, lors des marées de mortes eaux au cours de l'année ainsi qu'à certains moments au cours d'une même marée, le déficit de la puissance donnée par l'usine principale sur la puissance régularisée que l'on a en vue de distribuer d'une manière continue (1). Ces quantités dépendent, d'ailleurs, de la hauteur à laquelle il est possible de fixer le plan d'eau supérieur de ces réservoirs par rapport au niveau moyen de la mer. Cette hauteur est fixée par les conditions locales, mais, en général, elle ne pourra guère dépasser 20 m ; c'est ce nombre que nous adopterons.

La hauteur à laquelle les pompes doivent élever l'eau est fonction, d'une part, du niveau auquel se trouve déjà l'eau emmagasinée, d'autre part, du niveau de la mer lors du fonctionnement des pompes. Nous supposerons que la situation du bassin est telle qu'il puisse être rempli directement par la mer à l'étale de pleine mer si, à ce moment, son niveau est inférieur à celui de cette étale. D'autre part, du fait que le niveau de la mer pendant les périodes de pompage varie d'une marée à l'autre, nous pouvons admettre que l'eau est puisée par les pompes au niveau moyen des marées.

Les conditions du pompage se trouvent alors être celles indiquées sur la figure 13. La moyenne des hauteurs minima auxquelles doit être élevée l'eau pendant l'ensemble des marées est donc de 4,15 m ; la moyenne des hauteurs maxima est de 20 m ; la moyenne générale est par suite de $\frac{4{,}15 + 20}{2} = 12{,}07$ m. Quant à la surélévation que le plan d'eau peut atteindre dans le bassin, elle est de $20 - 4{,}15 = 15{,}85$ m.

En désignant par S la superficie du bassin exprimée en mètres carrés, nous aurons donc un poids d'eau de $S \times 15{,}85 \times 1\,000$ kg (1 000 kg étant le poids de 1 m³ d'eau) à élever d'une hauteur moyenne de 12,07 m. Il faudra pour cela une dépense d'énergie de

$$S \times 15{,}85 \times 1\,000 \times 12{,}07 \text{ kilogrammètres}$$

ou

$$\frac{S \times 15{,}85 \times 1\,000 \times 12{,}07}{270\,000} \text{ chevaux-heure.}$$

En égalant cette quantité au nombre de chevaux-heure que la régularisation des marées de vives eaux et des marées de mortes-eaux assure au service des pompes, nous aurons une équation nous permettant de calculer S.

Pour le cycle Maire, l'énergie disponible est (voir tableau X) de 41 700 chevaux-marée ou 521 25 chevaux-heure, qui, en supposant un rendement de 0,50 pour les pompes et les turbines qui les actionnent, se réduiront

(1) A la vérité, il n'est pas nécessaire, en pratique, de maintenir toujours la même puissance à la disposition des clients ; puisque, comme le montrent les diagrammes de charge des usines génératrices d'électricité, la demande de la clientèle est, vers midi et pendant la nuit, bien inférieure à celle qui a lieu de 15 à 19 heures. Si la période des marées était exactement d'une demi-journée, on pourrait imaginer un cycle général de fonctionnement d'usine marémotrice tenant compte des variations de la puissance demandée avec l'heure considérée. Mais, comme cette période varie de 12 h 20 mn à 12 h 40 mn, il faudrait, pour tenir compte de ces variations, rechercher un cycle spécial pour chaque marée, ce qui est pratiquement impossible.

Digitized by Google

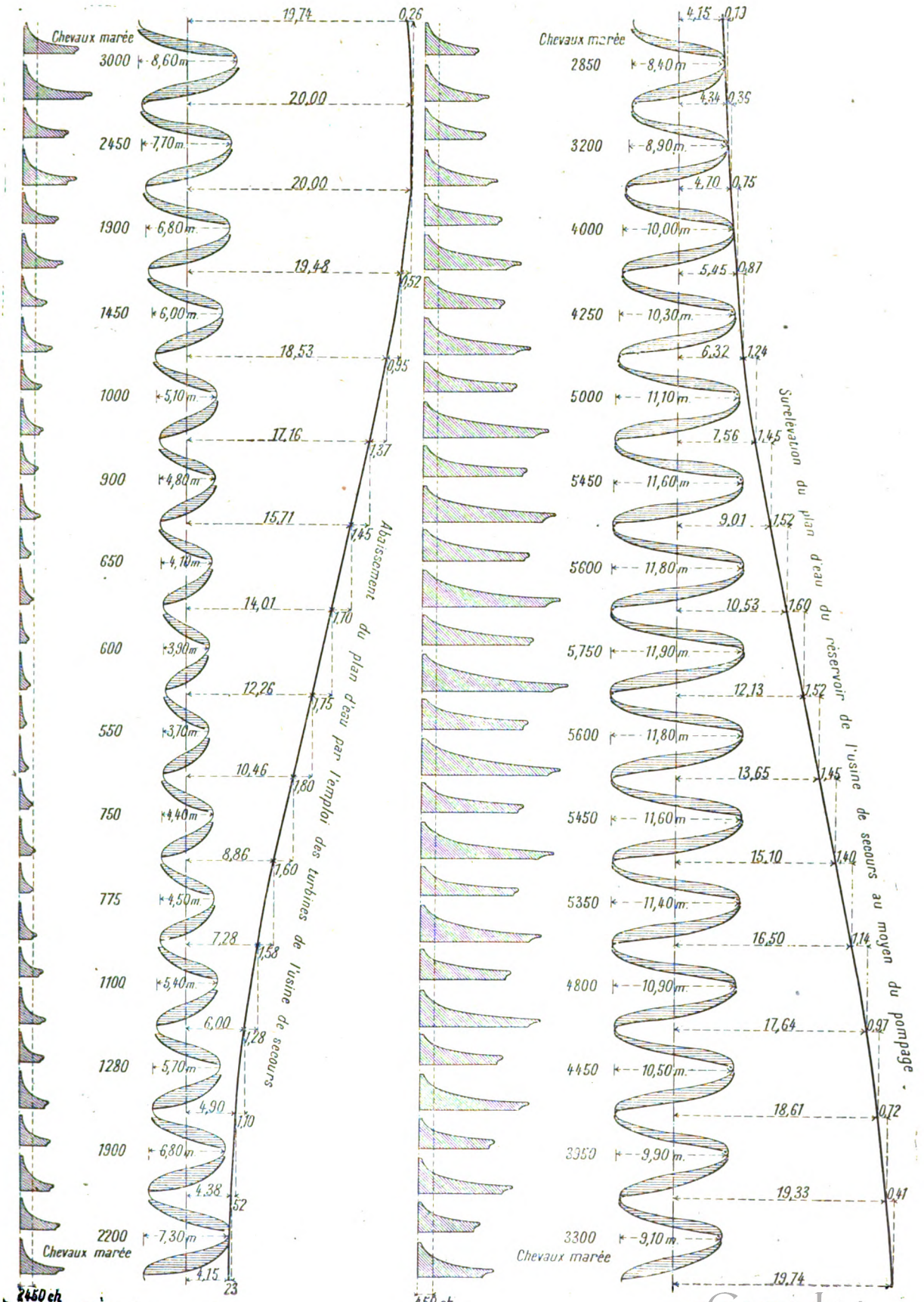


Fig. 9 et 10. — Fonctionnement d'une usine suivant les cycles Elat pendant une période de 30 marées consécutives.

Digitized by Google

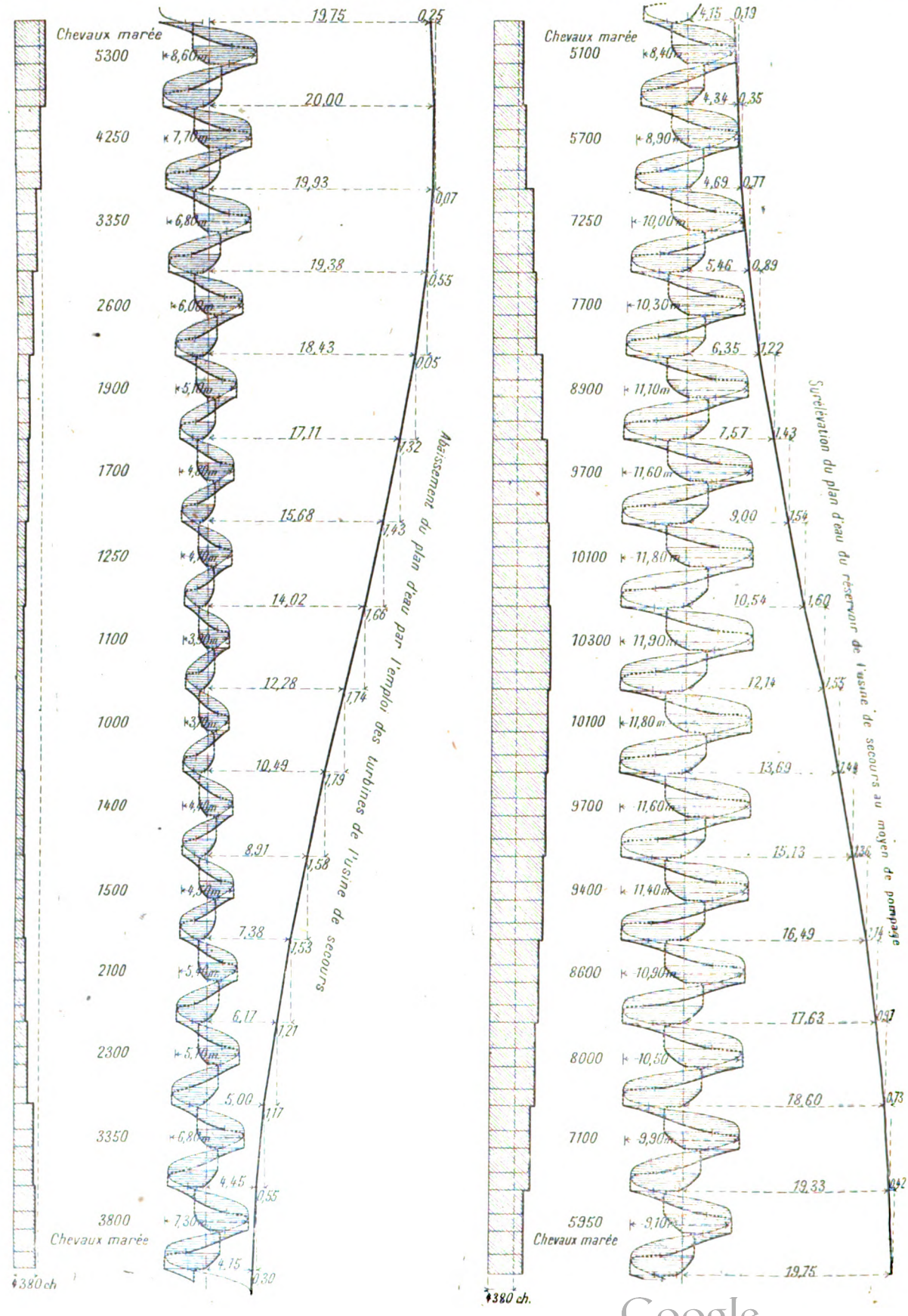


Fig. 11 et 12.

Digitized by Google

à 260 625 chevaux-heure. Nous en déduisons $S = 370\,083$ m².

En opérant de même pour les autres cycles, nous trouvons les résultats suivants, en tête desquels est inscrit le précédent :

Cycle Maire	370 083 m²
Cycle Claude	372 362 m²
Cycle Etat	308 700 m²
Cycle Defour	518 870 m²

Puissance maximum des turbines de l'usine principale, des turbines et pompes de l'usine de secours. — Une marée de vives eaux moyenne de

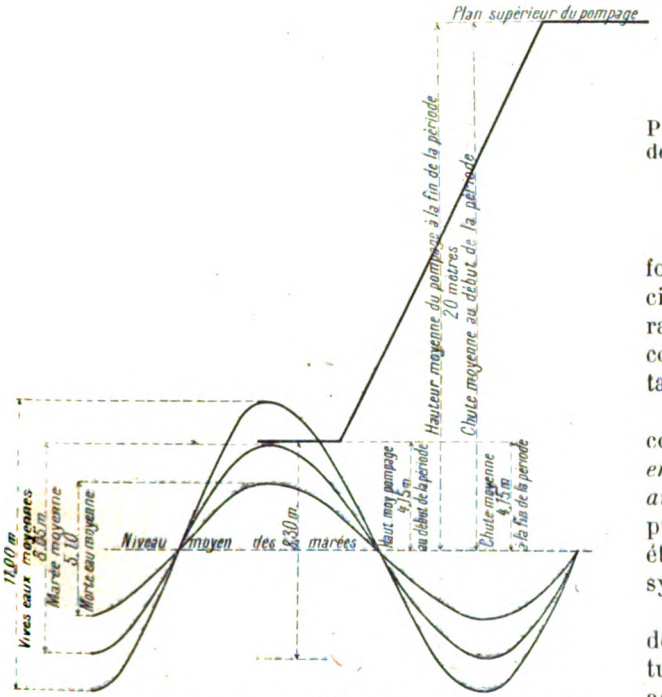


Fig. 13. — Schéma des conditions de fonctionnement des pompes et turbines de l'usine de secours.

11 m d'amplitude nécessite, pour chaque cycle respectivement, une puissance maximum de :

	Cycle Maire	Cycle Claude	Cycle Etat	Cycle Defour
	ch.	ch.	ch.	ch.
1er réservoir	7 500	8 100	22 000	9 670
2e réservoir	7 570	8 183	Néant (1)	Néant (2)
Total	15 070	16 283		

La puissance maximum des pompes de l'usine de secours s'obtient en défalquant, de la puissance maximum d'une marée de 11 m d'amplitude, la puissance régularisée mise journellement à la disposition de la clientèle, ce qui donne pour les différents cycles

	Cycle Maire	Cycle Claude	Cycle Etat	Cycle Defour
	ch.	ch.	ch.	ch.
	7 570	8 183	22 000	9 670
Puissance des pompes de l'usine de secours.	3 050	3 060	2 450	4 380
	4 520	5 123	19 550	5 290

La puissance maximum des turbines de l'usine de secours sera déterminée par l'insuffisance qui se produit, au cours d'une marée de mortes eaux moyenne de 5,10 m d'amplitude, pour parfaire la puissance régularisée de l'année. Nous aurons donc :

	Cycle Maire	Cycle Claude	Cycle Etat	Cycle Defour
	ch.	ch.	ch.	ch.
Puissance maximum des turbines de l'usine de secours	3 050	3 060		4 380
	332	462		1 440
	2 718	2 598	2 450	2 940

Comparaison des divers cycles. — Des éléments fournis précédemment, et en particulier aux tableaux ci-dessus, on peut maintenant conclure à la comparaison économique des différents cycles envisagés, comparaison que résume de façon synoptique le tableau XII.

Il nous paraît intéressant d'établir, au vu du tableau comparatif ci-dessus, *la production d'énergie annuelle en kilowatts-heure produite par la même usine type, au moyen de chacun des quatre cycles considérés*. Nous prendrons à titre d'exemple la puissance totale qui avait été obtenue au précédent tableau pour l'usine du système Etat et comprenant :

22 000 ch de turbines pour l'usine principale ; 19 550 ch de pompes pour l'usine de secours et 2 450 ch de turbines pour l'usine de secours ; soit 44 000 ch assurant annuellement une énergie régularisée de 15 774 570 kw-h.

Nous obtiendrons pour chacun des cycles.

Energie annuelle régularisée

Cycle Maire :

$$\frac{22\,308 \text{ ch}}{19\,637\,730 \text{ kw-h}} = \frac{44\,000 \text{ ch}}{x} \text{ d'où } x = 38\,800\,000 \text{ kw-h.}$$

Cycle Claude :

$$\frac{24\,004 \text{ ch}}{19\,702\,116 \text{ kw-h}} = \frac{44\,000 \text{ ch}}{x} \text{ d'où } x = 36\,100\,000 \text{ kw-h.}$$

Cycle Etat :

44 000 ch . . . . . 15 774 570 kw-h.

Cycle Defour :

$$\frac{17\,900 \text{ ch}}{28\,108\,875 \text{ kw-h}} = \frac{44\,000 \text{ ch}}{x} \text{ d'où } x = 69\,200\,000 \text{ kw-h.}$$

(1) Du fait que ce cycle n'utilise qu'un réservoir pour l'usine principale.

(2) Du fait que l'usine « galerie » du système Defour permet aux mêmes turbines de travailler pour les deux réservoirs puisque ceux-ci interviennent alternativement.

Digitized by Google

TABLEAU XII. — *Comparaison de l'importance de l'installation des usines marémotrices et de leur production d'énergie suivant leur application aux différents cycles.*

	CYCLE MAIRE	CYCLE G. CLAUDE	CYCLE ETAT	CYCLE DEFOUR
Superficie, en hectares { 1er réservoir	51	51	40	40
{ 2e réservoir	55	55	secours superficie suivant hauteurs	77
Elasticité exigée par les turbines.				
Puissance, en chevaux	332 à 7 570	462 à 8 183	0 à 22 000	1 658 à 9 670
Hauteur de chute en mètres	0,59 à 8,20	0,88 à 8,83	0,55 à 6,20	0,95 à 7,28
Puissance maximum d'une marée de vives eaux moyenne de 11 m, en chevaux	7 570	8 183	22 000	9 670
Puissance minimum d'une marée de morte-eau moyenne de 5,10 m, en chevaux	332	462	Néant	1 440
Puissance non régularisée moyenne d'une marée moyenne de 8,05 m, en chevaux	3 450	3 550	3 860	4 647
Puissance régularisée d'une marée moyenne de 8,05 m, en chevaux	3 290	3 300	2 600	4 640
Puissance des turbines de l'usine principale, en chevaux	15 070	16 283	22 000	9 670
Puissance des pompes de l'usine de secours, en chevaux	4 520	5 123	19 550	5 290
Puissance des turbines de l'usine de secours, en chevaux	2 718	2 598	2 450	2 970
Puissance totale des turbines et pompes, en ch.	22 308	24 004	44 000	17 900
Superficie de la ventellerie de l'usine principale, en mètres carrés	854	761	923	1 038
Puissance régularisée au cours d'une année au moyen de l'usine de secours, en chevaux	3 050	3 060	2 450	4 380
Energie régularisée produite dans l'année, en chevaux-heure	26 718 000	26 805 600	21 462 000	38 325 000
Energie régularisée, en kilowatts-heure	19 637 730	19 702 116	15 774 570	28 167 875

Les résultats obtenus dans cette comparaison prouvent que l'application du principe de pompage réduit l'énergie puisque celle que produirait une usine suivant le cycle Claude est inférieure à celle d'une usine de même importance établie suivant le cycle Maire.

L'énergie obtenue par le cycle Defour témoigne de la nécessité de faire choix d'un cycle bien approprié aux évolutions de la marée.

Conclusions. — L'exposé qu'on vient de faire permet de constater que le principe de pompage, que M. G. Claude proposait d'appliquer à l'ancien cycle Bélidor, ne donne aucun résultat appréciable, et cela explique la crainte qu'il a cru devoir exprimer, concernant la mise en réalisation du projet de l'Aber-Vrach, dans le cas où ce projet continuerait à être basé sur un cycle intermittent, où le pompage intervient d'une façon bien plus accentuée encore.

Nous y avons opposé le cycle Defour, étudié tout spécialement pour éviter toute exagération inutile dans le pompage et nous reconnaissons que ce cycle, en réduisant l'étendue de la variation de la hauteur de chute et de la puissance produite, permet d'utiliser sans difficulté les turbines de fabrication française, et peut assurer annuellement, au moyen d'une usine infiniment moins coûteuse comme installation, une énergie beaucoup plus importante.

Nous croyons utile de signaler, avant de terminer la présente étude, que nous n'avons envisagé la régularisation complète de l'énergie des marées qu'en vue de répondre précisément au problème posé par M. G. Claude, plus particulièrement dans les termes suivants : « En l'impossibilité certaine, sauf circonstances exceptionnelles, d'accumuler l'eau ou l'énergie des périodes de vaches grasses, est-elle si inéluctable, cette médiocre limite que semble fixer à nos efforts l'amplitude déplorable des marées de mortes-eaux. »

D'autre part, on ne doit pas perdre de vue que diverses industries, chimiques et métallurgiques entre autres, peuvent très bien s'accommoder d'une énergie intermittente et, dans la conception de l'étude de l'usine marémotrice, on devra proportionner la régularisation de l'énergie produite aux besoins réels de la région desservie.

Il n'est pas non plus indispensable, même dans les cas où un secours est nécessaire, de le demander à une usine hydraulique établie spécialement dans ce but.

Il existe en France des centrales thermiques qui peuvent, si on les met en parallèle, produire tous les secours éventuellement nécessaires, non seulement aux usines marémotrices, mais aux usines hydrauliques en général.

En attendant que l'accord soit fait entre ces différents producteurs d'électricité, les nouvelles usines marémotrices pourraient, par exemple, réserver une partie des pointes de vives eaux à leur clientèle, et, par contrat avec les dirigeants d'une usine thermique, fournir à celle-ci ses disponibilités en énergie corres-

Digitized by Google

pondant à la partie restante des pointes. En échange, cette usine thermique assurerait un secours égal à la moitié de cette énergie aux moments des mortes eaux ; ainsi serait augmentée la puissance inférieure des mortes eaux, de façon à donner entière satisfaction à la clientèle de l'usine marémotrice.

Si nous modifions suivant ce système la régularisation périodique du cycle Defour qui assurait une puissance régulière de 4 380 ch et si nous nous contentons d'une puissance de 3 380 ch, nous obtenons les résultats suivants : l'énergie totale de la période de 30 marées étant de 160 500 chevaux-marée, nous abandonnons, au moment des pointes de vives eaux, 34 020 chevaux-marée à une usine thermique pour recevoir, en mortes-eaux, 17 010 chevaux-marée, il nous restera donc : 160 500 — 17 010 = 143 490 chevaux-marée, énergie qui se répartira en 42 090 chevaux-marée d'énergie intermittente, et $30 \times 3\,380$ ou 101 400 chevaux-marée d'énergie entièrement régularisée.

Grâce à cette solution, on éviterait la construction très onéreuse d'une usine de secours et une usine d'une puissance maximum de 9670 ch suffirait pour produire une puissance régularisée de 3 380 ch, plus une puissance intermittente moyenne de $\frac{42\,090}{30}$ ou 1 403 ch, soit une puissance moyenne de 3 380 + 1 403 = 4783 ch dans l'année.

Cette solution paraît de nature à dissiper les appréhensions des plus pessimistes et à rallier définitivement à l'utilisation des marées les sceptiques qui croient devoir formuler encore certaines réserves à l'égard de cette nouvelle source de richesse nationale.

A. Defour.

Sur la mise à la terre du neutre d'un réseau triphasé

L'article de M. M. Koechlin publié dans le numéro du 6 mai 1922, t. XI, p. 666-668, a donné lieu à quelques observations de M. Ch. Ledoux, contenues dans une lettre insérée dans le numéro du 3 juin, t. XI, p. 809-810, observations auxquelles M. M. Koechlin a répondu dans une note parue dans le numéro du 2 septembre, t. XII, p. 322-323. A la suite de cette publication, M. Ch. Ledoux nous a adressé une nouvelle lettre, que nous avons transmise à M.M.Koechlin ; on trouvera ci-dessous les textes de cette lettre de M. Ledoux et de la réponse de M. Koechlin. Il semble ressortir de cette discussion que la question déjà si controversée de la mise à la terre du neutre d'un réseau triphasé est une question d'espèce, pour laquelle il n'est pas possible, comme l'écrivait d'ailleurs M. M. Koechlin dans son premier article, t. XI, p. 666, d'adopter de règle générale. Il nous paraît, dès lors, qu'il convient de considérer la discussion comme close jusqu'au jour où des faits nouveaux permettront de faire un choix judicieux entre les deux solutions que comporte la question.

I. Lettre de M. Ledoux

Je lis dans le numéro du 2 septembre 1922 la réfutation que présente M. Kœchlin des objections faites dans ma lettre publiée le 3 juin 1922 au sujet de son article du 6 mai 1922 sur la mise à la terre du neutre d'une ligne ou d'un réseau triphasé. Estimant que la question n'est nullement tranchée, je crois devoir présenter à nouveau quelques remarques justifiant mon point de vue.

M. Kœchlin trouve mes arguments intéressants, ce dont je lui sais gré, mais il ne les juge pas suffisants pour modifier ses conclusions. Cependant :

Est-il prudent de se placer dans l'hypothèse d'une installation capable de supporter temporairement la tension composée, la tension normale étant égale à la tension simple, alors que rien, en dehors de la mise à la terre accidentelle d'une phase, ne permet de vérifier si cette hypothèse conserve sa valeur en cours d'exploitation ? (C'est le cas d'une ligne aérienne avec neutre isolé). Je puise la réponse dans l'article même de M. Kœchlin : « C'est ainsi que nous avons assisté, dans un cas semblable, à l'incendie simultané de deux transformateurs installés à très grande distance de l'endroit du réseau où la rupture d'un isolateur avait mis une phase à la terre. Il est certain que ce fait ne devrait pas se produire (*sic*), le coefficient de sécurité étant en théorie partout suffisant ». Il est à noter que cet accident ne se serait pas produit si le neutre avait été mis à la terre, même par l'intermédiaire de résistances, dans tous les postes du réseau ainsi que je l'ai toujours préconisé. Mais je veux bien reconnaître qu'il y aurait eu interruption de service, tandis que, avec le neutre isolé, M. Kœchlin aurait continué l'exploitation et mis, de ce fait, l'avantage de son côté, si, bien entendu, les transformateurs incendiés avaient respecté l'hypothèse initiale.

Doit-on faire passer en premier lieu la continuité de l'exploitation ou la sécurité du réseau ? Il importe de se mettre d'accord sur ce point essentiel si l'on veut décider lesquelles sont les bonnes, des conclusions de M. Kœchlin ou des miennes. A mon point de vue, j'admets avec tous les partisans de la mise à la terre du neutre que la sécurité du réseau doit passer en tout premier lieu et il me semble qu'un accident de transformateur dû aux surtensions entraîne des consé-

Digitized by Google

quences plus graves qu'une interruption de courant, cette interruption dût-elle durer quelques heures. Il faut donc à tout prix éviter les surtensions. D'ailleurs, les déclanchements ne sont pas moins nombreux avec le neutre isolé et la meilleure preuve en est que de gros réseaux tant aériens que souterrains ont mis le neutre à la terre précisément pour réduire les interruptions de service.

N'y a-t-il pas réellement formation d'ondes de propagation lors de la mise à la terre accidentelle d'une phase dans une installation à très haute tension? Malgré que M. Kœchlin ait eu la chance de s'occuper de lignes à très haute tension n'ayant jamais eu à souffrir de phénomènes de résonance dans ces conditions, la question est hors de doute. On ne conçoit guère, d'ailleurs, que l'équilibre électrostatique d'une ligne puisse être brutalement rompu sans qu'il y ait surtension. Ce n'est pas la valeur absolue de l'élévation de tension qui est à craindre, c'est sa soudaineté, car elle produit une onde à front raide. Avec une résistance entre le neutre et la terre, ces surtensions sont incontestablement réduites.

Il est reconnu que les arcs à la terre sont le principal obstacle à l'exploitation des lignes à très haute tension. Quels sont les moyens d'y remédier? L'emploi d'une résistance ou d'une bobine de Petersen entre le neutre et la terre, ce dernier moyen n'allant pas toujours sans inconvénient. On peut également employer des transformateurs extincteurs (ayant un rôle analogue à celui de la bobine de Petersen) ou de relais mettant franchement à la terre la phase avariée. Mais ce dernier procédé, seul applicable à une ligne à neutre isolé est dangereux, car il provoque de violentes surtensions. Il ne faut pas oublier en effet que les courants de capacité ne sont nullement négligeables dans les lignes à très haute tension. Par exemple pour une ligne à trois fils à 120000 v de 100 km de longueur, le courant de charge est environ de 18 A (3750 kv-A) normalement et de 32 A en cas de mise à la terre d'une phase.

Dans les installations à neutre isolé, les parafoudres doivent être réglés pour une tension au moins égale à la tension composée et la protection qu'ils assurent dans ces conditions est tout à fait illusoire ainsi que j'ai pu m'en rendre compte au cours d'essais comparatifs de divers appareils de protection (1). Dans ce cas encore, l'emploi d'une résistance sur le neutre présente plus d'avantages que d'inconvénients. Un réseau à neutre isolé n'est pas protégé contre les charges statiques; les parafoudres étant réglés pour la tension composée seront inefficaces. Si le réseau est protégé par des bobines à noyau de fer ou des déchargeurs à jet d'eau, le neutre est alors à la terre.

La réduction de l'épreuve imposée aux disjoncteurs par l'emploi d'une résistance sur le neutre est un avantage qui n'est pas négligeable. Même avec une résistance très faible (2 à 4 ohms par exemple), la valeur du courant en cas de mise à la terre d'une phase peut être réduite au dixième environ de ce qu'elle serait avec le neutre franchement à la terre. Les surtensions provoquées par la rupture d'un tel courant sont réduites dans la même proportion. Or, on sait combien sont nombreux les claquages de transformateurs au moment de l'insertion ou de la suppression d'un feeder sur les réseaux (beaucoup plus que les accidents dus à une élévation constante de la tension).

Malgré que M. Kœchlin ne soit pas d'accord avec moi sur ce point, je maintiens mon affirmation que, dans un réseau à neutre isolé, il y aura danger pour un individu s'approchant d'un défaut. Je veux bien que le même danger existe avec le neutre à la terre directement ou par l'intermédiaire d'une résistance; mais, dans ce dernier cas, c'est durant quelques secondes (durée de fonctionnement du disjoncteur) tandis que, dans la ligne à neutre isolé, c'est jusqu'à la réparation du défaut. Mettons alors que ce n'est pas le danger qui est plus grand, mais les probabilités d'accident. Quant au procédé mettant franchement à la terre la phase avariée, j'ai déjà indiqué qu'il est dangereux.

Dans le cas du neutre à la terre, l'existence d'un défaut est décelée immédiatement par le déclanchement du disjoncteur. M. Kœchlin fait remarquer que, dans le cas du neutre isolé, le défaut est décelé par les instruments. Il y a donc dans le premier cas une plus grande simplicité des installations. De plus, la plupart des installations à neutre isolé ne possèdent même pas un voltmètre d'isolement.

Dernièrement, un ingénieur s'occupant de l'exploitation d'un petit secteur de montagne se plaignait amèrement des méfaits des surtensions. Comme je lui conseillais de mettre à la terre le neutre de tous les transformateurs par l'intermédiaire de résistances, il me répondit qu'il avait essayé et n'avait pas réussi, car ses lignes, théoriquement isolées pour la tension composée, avaient des défauts d'assez grande résistance, mais en de si nombreux points qu'il avait des déclanchements continuels. Après avoir revu sérieusement les lignes incriminées, il put mettre le neutre à la terre avec des résistances et constata une diminution notable du nombre des accidents de surtensions. Je veux croire le cas exceptionnel et ne généraliserait pas en disant que le neutre isolé convient particulièrement aux réseaux en mauvais état.

Je ne nie pas absolument qu'il puisse exister des cas où il y ait avantage à isoler le neutre, mais encore doivent-ils être bien rares. M. Kœchlin trouve, au contraire, qu'il n'y a jamais avantage à mettre le neutre à la terre par l'intermédiaire d'une résistance. Si mes raisons ne paraissent pas concluantes, on pourra se reporter utilement aux auteurs, dont la liste est donnée ci-dessous (1), qui ont traité assez récemment

(1) Compte rendu des essais de l'amortisseur de surtension système Ledoux. *Bulletin de l'Association des Ingénieurs de l'Institut électrotechnique de Toulouse.*

(1) Kenelm Edgcumbe; La protection des réseaux à courant alternatif sans emploi de conducteurs spéciaux. Communication à l'Institution of Electrical Engineers, 17 de-

Digitized by Google

la question de la mise à la terre du point neutre et ont conclu à l'utilité de l'emploi d'une résistance :

Bien que cette liste soit encore très incomplète, je doute fort que l'on ait autant écrit sur les inconvénients de la mise à la terre du neutre par l'intermédiaire d'une résistance.

Pour ma part, j'estime que, d'une manière générale, on peut protéger très efficacement un réseau contre les surtensions et les surintensités par les moyens suivants qui sont on ne peut plus simples :

1° Mise à la terre du point neutre haute tension de tous les transformateurs du réseau par l'intermédiaire de résistances, et du point neutre basse tension, soit directement, soit avec des résistances ;

2° Mise à la terre directe des carcasses des alternateurs et des moteurs à haute et basse tension, des cuves des transformateurs et des disjoncteurs et des ferrures des postes ; accessoirement, l'emploi d'un câble de terre partiel ou total selon la tension ;

3° Emploi de fortes bobines de self-induction en fer (les unes shuntées par une résistance, les autres non) ou, ce qui est plus efficace, plus robuste et plus économique, d'amortisseurs de surtensions à chaque extrémité des lignes ; accessoirement, et seulement dans les grands postes très exposés à subir les méfaits des surtensions, des condensateurs de construction robuste ;

4° Emploi de relais à maximum d'intensité à action retardée dans tous les postes importants et de coupe-circuits largement dimensionnés (en tant qu'isolation) dans les petits postes.

Ce sujet a déjà été partiellement exposé par MM. H. Herr, L. Laurent et Ch. Ledoux dans un article intitulé : « Comment protéger économiquement un petit poste transformateur », paru dans le « Bulletin de l'Association des Ingénieurs I. E. T. », 3e trimestre 1922. Je me propose d'y revenir prochainement dans ces colonnes.

Pour terminer, je remercie à mon tour M. Kœchlin de m'avoir fourni l'occasion d'apporter ma modeste contribution à l'étude de la manière dont doit être mis à la terre le neutre haute tension d'un réseau. Si mes arguments ne réussissent pas à convaincre mon honorable contradicteur, ils apporteront (du moins je l'espère) quelque éclaircissement à la question et ce sera déjà très satisfaisant.

Ch. LEDOUX,
Ingénieur I. E. T.

II. Lettre de M. Koechlin.

Si les arguments de M. Ledoux n'ont pas réussi à me convaincre, ils apporteront, je l'espère comme lui, des éclaircissements à la question de la mise à la terre du neutre.

Je n'ai rien à ajouter à ce que j'ai écrit ici à ce sujet les 6 mai et 2 septembre ; je désire seulement préciser que, contrairement à ce qui semble ressortir de la lettre de M. Ledoux, je ne suis pas du tout partisan du neutre isolé dans tous les cas. J'estime, bien au contraire, qu'il faut adopter, après étude de chaque cas particulier, comme je l'ai exposé le 6 mai, soit le neutre isolé, soit le neutre franchement à la terre. Il ne me semble pas que la solution intermédiaire, préconisée dans tous les cas par M. Ledoux, soit justifiée, tout au moins dans les cas courants, ni par la théorie, ni par la pratique actuelles. Je n'ai trouvé de justification suffisante ni dans les articles cités par M. Ledoux, ni surtout dans les applications pratiques faites jusqu'à maintenant.

M. Ledoux estime qu'il a été plus écrit sur les avantages de la mise à la terre du neutre par l'intermédiaire d'une résistance, que sur les inconvénients de ce système. C'est possible, mais cela ne me paraît pas concluant. Je signale encore que, pas plus en Amérique qu'en Europe, les résultats obtenus avec le système défendu par M. Ledoux n'ont été très brillants ; je renvoie à ce sujet aux conclusions de l'article de MM. Conwel et Evans publié en février 1922 dans le « Journal of the American Institute of Electrical Engineers », analysé dans la « Revue générale de l'Electricité » du 5 août 1922.

M. KOECHLIN,
Ingénieur.

---

cembre 1919 — L'emploi des relais à temps pour la protection des réseaux électriques. Communication à la British electrical and allied Manufacturer's Association, avril 1920. — Protection des réseaux triphasés par mise à la terre du point neutre avec intercalation d'une résistance. *Electrical Review*, 24 mars 1922.

W. PETERSEN : Suppression du court-circuit explosif au sol par l'emploi de résistances sur le point neutre et de parafoudres. *Elektrotechnische Zeitschrift*, 29 août 1918.

H. BEHREND : Courants de capacité et mise à la terre de protection sur les lignes à haute tension et à longue portée. *Elektrotechnische Zeitschrift*, 21 juin 1917.

Anonyme : Protection des réseaux à très haute tension contre les effets d'une répartition asymétrique des capacités par rapport à la terre. *Revue B. B. C.*, août 1920.

L. LOMBARDI : Surtensions électriques et systèmes de protection. Résumé d'une communication à l'Associazione Elettrotecnica Italiana. *Elettrotecnica*, 15 juillet 1919.

R. N. CONWELL et R.-D. EVANS : La bobine à la terre de Petersen *Journal of the American Institute of Electrical Engineers*; février 1922, t. XLI, p. 140-148; *Revue générale de l'Electricité*, 5 août 1922, t. XII, p. 137.

Digitized by Google

Sur l'organisation des économies de combustibles dans l'industrie

Sous ce titre, la Commission d'Utilisation du Combustible, instituée par décret du 14 mars 1920 du ministre des Travaux publics en vue de rechercher les économies réalisables dans la consommation des combustibles, a publié, dans le « Journal officiel » du 20 août 1922, pages 8701 à 8706, un rapport de M. P. Mahler. Nous reproduisons ci-dessous ce rapport, ainsi que le septième rapport de la Commission, qui sert d'introduction à celui de M. P. Mahler. Dans le dernier, l'auteur, après avoir fait ressortir les difficultés qu'il convient de surmonter pour arriver à une meilleure utilisation du combustible dans l'industrie, indique quelles sont les organisations qui, tant en France qu'à l'étranger, ont été chargées de réagir contre le gaspillage du combustible; il montre, à ce sujet, les efforts faits par diverses sociétés industrielles, ainsi que le rôle important joué par les associations de propriétaires d'appareils à vapeur déjà existantes, et par l'Office central de Chauffe rationnelle qui fut créé en 1919 au moment où la disette de combustible était particulièrement aiguë. Il montre ensuite l'importance des économies qui pourraient encore être réalisées, puis expose l'organisation qui permettrait d'atteindre ce but. Dans ses conclusions, il estime qu'il convient, tout d'abord, de convaincre les industriels qu'ils peuvent et doivent effectuer de notables économies de combustibles et que, pour cela, il faut intensifier la propagande; il est nécessaire aussi de mettre à la disposition des industriels des conseils compétents et leur procurer des moyens faciles de former leur personnel. Rappelons, à propos de ce nouveau rapport, les divers documents publiés par la Commission d'Utilisation du Combustible et qui ont été reproduits dans ces colonnes. Ce sont : Premier rapport de la Commission, Rapport de la deuxième sous-commission sur l'utilisation du bois de chauffage comme combustible industriel, Vœux de la Commission concernant le bois de chauffage et le charbon de bois, reproduits dans le numéro du 11 décembre 1920, t. VIII, p. 817 à 853; Deuxième rapport de la Commission, Rapport de la première sous-commission sur la production et l'utilisation de la vapeur, reproduits dans le numéro du 23 avril 1921, t. IX, p. 574 à 584; Troisième rapport de la Commission, Rapport de la troisième sous-commission sur le chauffage au charbon pulvérisé, reproduits dans les numéros des 28 mai, 4 juin et 11 juin 1921, t. IX, p. 768 à 771, 817 à 824, 836 à 863; Quatrième rapport de la Commission, Rapport de la première sous-commission sur la technique actuelle des machines à vapeur, reproduits dans les numéros des 29 octobre et 5 novembre 1921, t. X, p. 607 à 617 et 632 à 643; Cinquième rapport de la Commission, Rapport de la première sous-commission sur la production et l'utilisation de la vapeur (2e partie), reproduits dans le numéro du 21 janvier 1922, t. XI, p. 83 à 92; Sixième rapport de la Commission, Rapport de la première sous-commission sur l'utilisation du combustible sur les chemins de fer, dont le premier seulement a été reproduit dans le numéro du 10 juin 1922, t. XI, p. 868 à 871.

Septième rapport de la Commission d'Utilisation du Combustible.

La vive impulsion donnée, sous la pression des circonstances, aux efforts et aux études tendant à une plus complète utilisation des combustibles et de la chaleur, a déjà produit des effets très utiles, mais dont il importe d'assurer la persistance et le développement.

Le premier besoin auquel il a fallu faire face, durant la guerre et lors de la pénurie de charbon de 1919-1920, était de lutter contre les exagérations de consommation auxquelles prêtaient les variations de provenance des combustibles, la mauvaise qualité de beaucoup d'entre eux, l'inexpérience fréquente de la main-d'œuvre. Il ne pouvait s'agir de transformer du jour au lendemain le matériel et les procédés; il fallait surtout supprimer tout gaspillage et, en opérant avec méthode, en s'aidant d'instruments de mesure et de contrôle, se rendre un compte exact des pertes de rendement et mettre en œuvre contre elles tous les moyens dont on disposait. Les améliorations obtenues dans cette voie sont importantes; leur intérêt ne disparaît pas avec les conjonctures qui ont fixé l'attention sur le sujet ; ce genre de progrès doit être consolidé, généralisé, poussé le plus possible.

D'autre part, le mouvement des idées s'est porté vers des perfectionnements à plus ou moins long terme, comportant des méthodes et des dispositions particulières, soit pour une utilisation plus rationnelle et plus intégrale des combustibles, ou pour l'emploi de combustibles précédemment inutilisés, soit pour l'accroissement des rendements et pour la récupération des pertes de chaleur ou de travail. Dans tel laboratoire ou telle station d'essais, on reprend les questions par la base en instituant des expériences méthodiques sur la combustion, la carbonisation, etc. ; dans telle entreprise industrielle ou minière, on se lance, avec une hardiesse méritoire, dans l'essai des nouveautés. La thermique industrielle devient une science vaste et touffue, se réclamant d'une documentation de plus en plus volumineuse.

Or, tant pour assurer l'application et le progrès des améliorations réalisables en l'état présent de l'outillage des établissements, que pour y faciliter l'introduction, en temps voulu, de méthodes et d'appareils perfectionnés, une organisation est nécessaire et, tout au moins pour les industries divisées en un grand nombre d'établissements de petite ou de moyenne importance, ce doit être une organisation collective.

Ce n'est d'ailleurs pas d'aujourd'hui que l'utilité de cette organisation est apparue. Depuis longtemps elle a pris, dans

Digitized by Google

chaque pays industriel, une forme ou une autre, selon les habitudes et l'esprit du pays. Ce qui convient, c'est surtout de développer les organisations de ce genre, en profitant de ce qui existe déjà et en harmonisant les efforts dans un esprit de parfaite coopération et de dévouement au bien commun.

On trouvera dans le rapport qui suit, dû à M. P. Mahler, l'étude de ce qui a été déjà réalisé dans cette voie, tant en France que dans les pays voisins, et de ce qu'il est possible et souhaitable de réaliser en France pour le progrès de cette indispensable organisation.

Le vice-président de la Commission,
WALCKENAER.

Le secrétaire,
LANCRENON.

Rapport de M. P. Mahler sur l'organisation des économies de combustibles dans l'industrie.

Employer le mieux possible le combustible, c'est-à-dire l'économiser, est une préoccupation qui n'est pas nouvelle. Qu'on nous permette de rappeler que les Romains disposaient pour chauffer leurs habitations d'appareils déjà perfectionnés : le calorifère à air chaud (hypocausta de Vitruve) fort bien caractérisé par Sénèque dans une de ses lettres et même le calorifère à vapeur, si nous en croyons quelques vers très agréables de Sidoine Apollinaire. Nous renvoyons les lecteurs que ces souvenirs peuvent intéresser aux ouvrages d'érudition (1).

Mais nous devons signaler que la question d'économie n'avait échappé ni au génie de Watt quand il établit sa machine à vapeur, ni au génie de l'auteur des « Réflexions sur la puissance motrice du feu ». Elle est au fond de toute l'œuvre expérimentale de G.-A. Hirn et de l'école alsacienne de laquelle est née la théorie de la machine à vapeur alternative. Remarquons aussi que l'étude d'un four, à l'aide du laboratoire et du bilan thermique, s'est présentée comme utile, il y a plus de cinquante ans, à l'esprit des ingénieurs. L'appareil qui a paru se prêter le mieux à cet examen fut le fourneau, et il y a un grand profit à lire aujourd'hui les « Etudes sur les hauts fourneaux » publiées par L. Grüner en 1873. A l'époque où Grüner écrivait, les maîtres de forges savaient depuis quarante ans économiser le combustible en chauffant au gaz des fourneaux l'air de leurs machines soufflantes.

Cependant, c'est depuis une trentaine d'années que les travaux de M. Le Châtelier et de son école ont apporté à la doctrine du chauffage son orientation scientifique actuelle. C'est encore plus récemment que la nécessité d'épargner une matière devenue précieuse a obligé les industriels et pouvoirs publics à s'occuper tout spécialement d'économiser les combustibles par tous les moyens pratiques et scientifiques. Nous nous proposons, dans le présent rapport, d'étudier quelle peut être la meilleure organisation pour diminuer la consommation de combustible dans la généralité des usines et quels sont les moyens capables, d'abord de convaincre les industriels de l'utilité de cette organisation, ensuite de leur fournir l'aide nécessaire à sa réalisation.

Il paraît rationnel d'examiner, en premier lieu, les difficultés que l'on rencontre dans cette voie, de montrer ensuite ce qui a été fait tant à l'étranger qu'en France et d'esquisser, enfin, l'organisation qui, à notre avis, semble être efficace et à laquelle le progrès doit nous amener,

(1) Par exemple E. FOURNIER. *Le Vieux Neuf*, t. 1, p. 170, Paris 1859. Voici les vers de Sidoine Apollinaire :

.....Sinuata canino
Ardentis perit unda globi fractoque flagello
Spargit lentatum per culmina tota vaporem.

I. Difficultés rencontrées pour arriver à la meilleure utilisation du combustible — Une des premières conditions nécessaires à l'utilisation suffisante du charbon est que chaque usine puisse compter sur un approvisionnement régulier de charbon, de qualité déterminée convenant à son genre de travail. La base de tout problème de chauffage industriel est le combustible lui-même. Pour prendre les mesures propres à réaliser une bonne utilisation du charbon, l'ingénieur de chauffage doit connaître la valeur du combustible mis à sa disposition. Lorsque cette valeur est sujette à variation la tâche devient singulièrement malaisée.

Or, il n'est pas douteux que la houille que reçoivent les consommateurs a été, durant ces dernières années, moins bien préparée, moins bien classée qu'elle ne l'était avant la guerre. La répartition a parfois été faite un peu au hasard, surtout pendant les périodes de disette. La situation à ce point de vue est en voie d'amélioration, mais des progrès restent à faire.

La meilleure préparation, le classement méthodique et la bonne répartition des charbons sortent du cadre du présent rapport; elles seront étudiées par ailleurs. Mais il importait de signaler cette première difficulté que l'on rencontre actuellement dans tous les pays et dans toutes les usines (1).

Il serait cependant déplorable de croire que, tant que la répartition du charbon est irrégulière, les efforts dans les usines dans le but d'améliorer l'utilisation du combustible fussent vains. C'est, au contraire, le rôle des ingénieurs chargés de réaliser cette meilleure utilisation d'adapter la marche des appareils aux combustibles dont ils disposent et de tirer le meilleur parti possible des combustibles même irréguliers ou mauvais.

Un autre obstacle au progrès est le scepticisme que l'on rencontre souvent chez les industriels et même chez les ingénieurs qui ne se rendent compte que d'une façon fort imparfaite des économies de combustible réalisables par meilleure utilisation. Ils ont une forte tendance à croire que, malgré leurs efforts, les résultats resteront négligeables. Des essais malheureux tentés après étude incomplète, ou sous l'influence de suggestions intéressées, ont contribué à répandre cette opinion.

La première nécessité est donc de répandre à ce sujet des idées justes. Il faut démontrer à tous les intéressés, en leur mettant sous les yeux des résultats certains acquis par ailleurs, que des économies sont possibles dans toutes les usines, sans installations coûteuses.

(1) On trouvera des indications précises sur cette question très importante dans la communication de M. Kammerer à la Société des Ingénieurs civils de France (séance du 25 juin 1920) et dans un article de M. Loiret paru dans la *Revue politique et parlementaire* le 10 octobre 1819.

Digitized by Google

Une autre cause importante de gaspillage des combustibles dans beaucoup d'établissements est la mauvaise conduite des appareils. L'expérience montre que dans la majorité des établissements industriels on peut diminuer dans une proportion très appréciable la consommation, sans modifications matérielles, en améliorant la conduite de la chauffe et l'utilisation de la chaleur.

Cette amélioratisn n'est toutefois possible que si le personnel tant supérieur que subalterne a des connaissances techniques suffisantes en matière de chauffage industriel. Or, on s'est préoccupé depuis longtemps de la formation professionnelle des chauffeurs : des cours de chauffe, suivis de concours, ont été organisés dans les principaux centres et donnent des résultats intéressants. Mais par contre on n'a pas, jusqu'à présent, développé autant qu'il serait utile, en ce qui concerne le chauffage industriel, l'instruction des ingénieurs ni celle des contremaitres.

La Commission s'est déjà préoccupée de cette question. Rappelons que, l'an dernier, elle a émis le vœu :

« 1° Que les écoles techniques fassent dans leurs programmes d'études, sous la forme qu'elles jugeront la mieux appropriée, une part à l'enseignement théorique et pratique de la bonne utilisation des combustibles ;

» 2° Que les chefs d'industrie, et l'Etat pour les ateliers qu'il dirige, facilitent à leur personnel d'ingénieurs et de contremaitres, par des stages à une école de chauffe, par l'audition de conférences, par l'instruction sur place ou de toute autre manière, les moyens d'acquérir à cet égard toutes connaissances utiles. »

Dans toute organisation en vue d'une meilleure utilisation des combustibles, le premier obstacle rencontré sera, pendant plusieurs années encore, la difficulté de recruter un personnel supérieur suffisamment compétent. Pour obtenir des résultats, il faut donc commencer par former le personnel. On y parviendra en développant les écoles de chauffage industriel dont il sera question plus loin.

Une autre difficulté provient encore de ce que les chauffeurs croient trop facilement que les appareils de contrôle, les appareils enregistreurs surtout, sont installés surtout pour les surveiller et les prendre en faute. Ils ont parfois tendance à juger que toute méthode nouvelle est difficile et fatigante et à lui opposer une certaine dose de force d'inertie. Lorsqu'un état d'esprit de ce genre se manifestera, on parviendra à le surmonter en expliquant aux chauffeurs les mesures prises et en les faisant participer aux économies de combustibles par un système de primes bien compris.

Toutefois, si le principe des primes est excellent, il faut l'appliquer avec prudence, après étude de chaque cas particulier. Il est impossible de donner une formule convenant à toutes les fabrications et à toutes les usines. Parfois, certains modes de distributions des primes ont l'inconvénient d'encourager la fraude : par exemple lorsqu'on donne des primes proportionnelles à la vaporisation en mesurant cette vaporisation d'après la quantité d'eau introduite à la chaudière, les chauffeurs sont tentés de faire des purges intempestives. Le système de distribution de primes est d'autant plus facile à établir d'une manière équitable que le contrôle de la chauffe est mieux organisé et que les appareils de mesure sont plus nombreux.

II. **Organisations actuelles.** — A. En France. — A L'INTÉRIEUR DES USINES. — Le développement des organisations à l'intérieur des usines, en vue de l'amélioration de l'utilisation des combustibles, est très inégal selon les établissements.

Dans beaucoup d'usines, petites ou moyennes, rien n'a encore été fait. Le directeur ou l'ingénieur chargé des machines et de la fabrication s'occupe incidemment de la question. Il n'a d'ailleurs pas toujours la compétence voulue.

Par contre, dans un certain nombre de grandes usines, des services spéciaux ont été créés. Les quelques exemples suivants montreront ce qui a été fait dans ce sens.

Signalons, d'abord, l'organisation méthodique de conduite des appareils de chauffe réalisée par M. Charpy dans une usine qu'il dirigeait et décrite par lui dans une conférence faite en 1919 à la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale (*Bulletins* de mars à juin 1919). Cette organisation, simple dans son principe, consiste à régler à distance, d'après les indications d'appareils de contrôle et avec un système de signalisation approprié, les différents groupes d'appareils à partir d'un centre d'observation unique.

Forges et Aciéries de la Marine et d'Homécourt. — A la Société des Forges et Aciéries de la Marine et d'Homécourt il existe, pour les économies de combustibles, une organisation d'ensemble dont la création remonte à 1921. Cette organisation a été décrite dans un article de M. Théodore Laurent paru dans la « Revue de métallurgie » (1918). Elle comprend :

a) Des services locaux dont la fonction est :

De posséder, d'employer et de tenir en bon état les instruments de mesure ;

De faire des études expérimentales sur les fours sous la responsabilité des chefs de service de fabrication ;

De réunir une documentation technique complète sur le chauffage industriel ;

De faire parvenir au service central les rapports hebdomadaires de consommation et de production de chaque usine ;

b) Un service central qui a pour rôle :

D'assurer la liaison entre les services locaux ;

De centraliser la documentation sur les questions de chauffage industriel ;

D'être un auxiliaire auprès de la direction générale pour le contrôle de la consommation de combustible, notamment par comparaison entre les résultats obtenus dans les diverses usines.

Il est à noter que le service d'économies de combustible n'agit que comme conseil des services chargés de la fabrication : ceux-ci gardent une responsabilité totale s'étendant à tous les éléments de la production.

Le Creusot. — Aux usines du Creusot fonctionne une organisation qui mérite d'être remarquée. Elle comprend une section de chauffage industriel et un service chargé de l'exploitation des chaudières.

Les attributions de la section de chauffage industriel sont les suivantes :

1° Etablissement des programmes de consommation des combustibles pour les divers services ;

2° Contrôle des livraisons des fournisseurs en tant que poids et qualité ;

3° Répartition des combustibles, d'après leur nature, aux appareils susceptibles d'assurer leur meilleure utilisation ;

4° Etude des appareils de chauffage les plus appropriés pour les installations nouvelles, en accord avec le service chargé de l'étude des installations métallurgiques et les services d'exploitation ;

5° Etablissement des spécifications, des demandes de propositions adressées aux meilleurs constructeurs français et étude comparative des propositions reçues ;

6° Après construction des fours, essais de réception en présence d'un délégué du constructeur, dans le but de véri-

Digitized by Google

fier la réalisation des chiffres de production et de consommation garantie ;

7° Etude des appareils de chauffage existants, propositions de modifications ou de remplacement par des fours plus modernes ou plus avantageux ;

8° Indication des appareils de contrôle à placer sur les fours pour suivre scientifiquement leur fonctionnement ;

9° Centralisation de la documentation technique publiée dans les revues françaises et étrangères, relations avec les constructeurs ou inventeurs de fours, visite des installations utilisant des appareils ou des procédés de chauffage nouveaux.

Cette section est indépendante des services de fabrication; elle relève de l'ingénieur principal chargé des études métallurgiques et par son intermédiaire de la direction de l'usine.

A sa tête se trouve un ingénieur assisté du personnel nécessaire.

Dans ses études, la section de chauffage industriel fait appel à la collaboration du laboratoire central, qui possède des appareils pour les analyses de combustibles, la détermination des pouvoirs calorifiques, l'enregistrement des températures, la mesure des vitesses des gaz, etc. Ces appareils sont entre les mains d'agents ayant une formation scientifique appropriée.

A côté de cette section de chauffage industriel, se trouve un organisme chargé de l'exploitation des chaudières.

Cet organisme est dirigé par un ingénieur spécialiste, assisté d'un personnel entraîné; il dispose d'un laboratoire particulier.

Par ses soins, le contrôle de la conduite des chaudières chauffées à la main comprend chaque jour, et pour chaque groupe de chaudières, la détermination du tonnage de charbon consommé, de la quantité d'eau vaporisée, le relèvement périodique et l'enregistrement continu des pressions.

En outre, la combustion est contrôlée au moyen des indications fournies : 1° par un appareil échantillonneur des gaz de combustion placé à chaque cheminée, prélevant une prise moyenne pendant la durée de chaque poste de travail. Sur cette prise, on dose l'anhydride carbonique ; 2° par des appareils déprimomètres enregistreurs, placés aux foyers de toutes les chaudières, qui renseignent sur la fréquence des chargements ainsi que sur la conduite des feux (fermeture des registres aux chargements, régularité, trous, encrassages, etc.)

Les indications fournies par ces deux genres d'appareils servent à établir une prime au personnel pour la bonne conduite des feux (prime collective sur la teneur en anhydride carbonique, prime individuelle sur la fréquence des chargements et la régularité de marche).

Pour le contrôle de la conduite des chaudières à grilles mécaniques, les principes sont les mêmes ; mais l'échantillonneur est remplacé par un doseur enregistreur de gaz carbonique qui permet l'établissement de la prime collective ; la prime à la fréquence des chargements est remplacée par une prime à la régularité de la pression.

Enfin, pour la propreté des chaudières, une équipe spéciale de nettoyage assure journellement la propreté extérieure par brassage ou ramonage et la propreté intérieure par visite complète de chaque chaudière tous les trois ou quatre mois.

Depuis que cette organisation est au point, la consommation de combustible dans les chaudières, toutes choses égales d'ailleurs, a diminué de 15 pour 100 environ.

Aciérie du Breuil. — Le laboratoire d'études et de contrôle des gazogènes, type Hilger, de l'aciérie de MM. Schneider au Breuil, est particulièrement intéressant. Dans cette aciérie, qui comprend vingt-huit gazogènes, un laboratoire d'études permanent a été installé sur le plancher de travail, au milieu de la batterie. Le laboratoire a pour rôle de déterminer la marche type à adopter suivant les qualités et grosseurs des charbons utilisés ; de trouver les mélanges produisant un gaz économique suivant les cours des charbons et les facilités d'approvisionnement.

Les éléments étudiés sont les suivants : qualité et quantité horaire de charbon passé ; hauteur de charbon sur la grille ; pression du vent sous la grille et quantité horaire soufflée ; pression de vapeur du soufflage ; température du gaz à la sortie du gazogène ; composition et pouvoir calorifique du gaz produit; poids et composition des cendres ; emploi du décrassage automatique ; mode de travail de la grille.

L'étude de la marche type à adopter se fait sur le gazogène le plus voisin du laboratoire, gazogène muni de tous les appareils de contrôle nécessaires.

Cette organisation a permis d'améliorer notablement le rendement des gazogènes et a contribué fortement à la diminution de la quantité de charbon brûlé par tonne d'acier Martin coulé. Cette diminution a été de 14 pour 100 en un an.

Ville de Paris. — Dès avant la guerre, la Ville de Paris avait donné l'exemple de l'utilisation du coke de gaz pour le chauffage industriel, ce qui tendait à la fois à l'emploi rationnel du combustible et à la suppression des fumées.

Depuis la fin de la guerre, les efforts tentés par le Conseil municipal et par la préfecture de la Seine visent un double but : diminuer, par l'application de méthodes rationnelles, la consommation de combustible dans les établissements municipaux; répandre et vulgariser ces mêmes méthodes dans le public. C'est à ces fins que fut instituée à l'Hôtel de Ville, une Commission économique de combustible.

Pour effectuer en toute connaissance de cause les transformations nécessaires, la Préfecture, sur l'avis de cette commission, fit visiter un certain nombre de ses grandes installations de chauffage par les ingénieurs de l'Office central de Chauffe rationnelle. En outre, un cours de chauffe fut organisé (également avec l'assistance de cet office) au service municipal des eaux.

Dans ce dernier service, il est fait couramment usage de déprimomètres ; des analyses de fumées y sont fréquentes et, depuis quelque temps, des gratifications mensuelles sont attribuées aux chauffeurs les plus méritants, d'après les indications fournies par les appareils enregistreurs.

Tréfileries et Laminoirs du Havre. — Aux Tréfileries et Laminoirs du Havre, on mesure régulièrement la consommation de combustible des divers appareils. Ces appareils sont munis d'instruments de contrôle dont les indications sont portées chaque jour sur des feuilles de rapport. Le service central, sous les yeux de l'administrateur délégué, peut ainsi exercer une surveillance continue sur la consommation de combustible.

Aciéries de Pompey. — L'administration de cette forge a obtenu des économies importantes au cours de ces dernières années, par l'application des mesures suivantes dont elle a attentivement contrôlé l'efficacité :

1° Electrification d'une partie des installations ;

2° Utilisation des gaz de haut fourneau, soit dans les moteurs, soit dans les chaudières ;

3° Organisation d'un contrôle méthodique des chaudières avec tous les appareils nécessaires ;

4° Formation du personnel à l'école de l'Office central de Chauffe rationnelle ;

Digitized by Google

5° Contrôle régulier des arrivages de charbon et essais fréquents pour déterminer les qualités de charbon donnant les résultats les plus économiques.

Mines de la Sarre. — Lorsque l'administration française prit possession des mines de la Sarre, son attention fut vite attirée par la consommation de combustible dans les chaufferies, qui apparaisssit comme exagérée. Aucune organisation spéciale n'existait ; celle qui fonctionne maintenant a donc été créée de toutes pièces.

Les ingénieurs des sièges, devant porter tout leur effort sur l'intensification de l'extraction, ne pouvaient surveiller d'assez près la production de la vapeur utilisée à cette extraction et en diminuer le prix de revient. Il fut donc décidé de créer un organisme spécial qui centraliserait dans ses attributions toutes les questions relatives à la production de la vapeur : amélioration des méthodes de chauffe, surveillance, étude des travaux neufs, etc. A cet organisme fut réuni un autre service datant de l'administration allemande et ayant pour objet la surveillance des chaudières au point de vue de la sécurité. L'administration des mines domaniales possède, en effet, pour toutes les chaudières lui appartenant, les pouvoirs dévolus par les règlements allemands aux associations de propriétaires d'appareils à vapeur ; ce privilège datant du régime prussien a été maintenu par le gouvernement sarrois.

Le service des appareils à vapeur fut créé sur ces bases en automne 1920, et commença à fonctionner au début de 1921.

Les chaufferies du bassin (sièges d'extraction et centrales électriques) au nombre de 72 comprennent environ 720 chaudières s'étendant sur un front d'environ 50 km de longueur et 15 km de profondeur. Il était indispensable que le bureau central du service des appareils à vapeur, à Sarrebruck, eût des agents convenablement choisis, répartis sur ce front, chacun d'eux ayant action sur une ou plusieurs chaufferies suivant leur importance et leur situation géographique.

Ces surveillants, au nombre de 30 pour l'ensemble du bassin, sont chargés de la tenue des livres de chauffe (il est tenu un livre par chaufferie) où sont inscrits quotidiennement les quantités et sortes de charbons consommés, les surfaces de grilles et de chauffe en action, les volumes d'eau vaporisée, la moyenne des pourcentages de gaz carbonique, la moyenne des températures de sortie des gaz brûlés, la moyenne des tirages au registre, etc.

Ils sont en relation avec le service central par des feuilles décadaires résumant les indications journalières de leurs livres.

De plus, deux inspecteurs du bureau central ayant suivi les cours de contremaître de l'Office central de Chauffe rationnelle, ont pour mission de parfaire l'éducation professionnelle des surveillants et des chauffeurs, en restant dans telle ou telle chaufferie le temps nécessaire à sa mise au point.

Le service central a donc ainsi les éléments pour suivre de Sarrebruck les résultats obtenus dans chaque chaufferie, résultats qui sont eux-mêmes contrôlés par les ingénieurs de ce service central lors des fréquentes visites effectuées dans les chaufferies. Cette méthode de comparaison a permis à maintes reprises d'améliorer le régime de telle batterie de chaudières, voisine de telle autre qui, dans des conditions comparables, obtenait de meilleures résultats.

Les agents ont été, dans le plus bref délai possible, dotés des instruments indispensables pour le contrôle de la chauffe : appareils Orsat, pyromètres thermo-électriques, manomètres. Au cours de quelques conférences, le service central leur a expliqué le rôle de ces divers appareils, leur en a montré la manipulation et a insisté auprès d'eux sur la nécessité de contrôler par des essais méthodiques les résultats obtenus pendant la combustion, ainsi que sur les méthodes à employer pour améliorer ces résultats en agissant sur les différents facteurs, tels qu'épaisseur du combustible, tirage, fréquence des chargements, etc.

Le rôle de ces surveillants techniques dans les chaufferies a commencé par l'exécution de prises d'essais de fumées en avant des registres des chaudières ; car, de même que la plupart des chaufferies ne possédaient aucun appareil d'analyse de fumées, aucune chaudière n'était munie de tube de prise de fumées.

Ces travaux préparatoires furent effectués pendant la confection des appareils qui avaient été commandés à l'Office central de Chauffe rationnelle. A l'arrivée de ces appareils, les essais effectués ont confirmé que la combustion était loin d'être bonne, surtout dans les chaufferies des sièges d'extraction ; la moyenne des essais effectués donnait environ 7 à 8 pour 100 de gaz carbonique. Dans les centrales électriques, les installations étant meilleures et plus modernes, les essais donnèrent une moyenne de 8 à 9 pour 100 de gaz carbonique.

De même que les analyses de fumées semblaient être inconnues dans les chaufferies des sièges d'extraction, de même il semble que l'on ne se préoccupait pas beaucoup plus du tirage de chaque chaudière et de la température des gaz au registre. Au fur et à mesure de l'arrivée des divers appareils commandés pour ce contrôle, on constatait que, d'une manière générale, les tirages étaient beaucoup trop forts et la température de sortie des fumées très élevée ; en ce qui concerne ce dernier point, le fait avait d'autant plus d'importance, que la plupart des chaufferies des sièges d'extraction ne sont pas pourvues d'économiseurs.

Les résultats obtenus ont été très importants. En un an, la moyenne de la température des gaz à la cheminée est tombée de 300° à 250°, tandis que la teneur en anhydride carbonique passait de 8,5 à 11 pour 100. Le gain réalisé mensuellement pendant l'année 1921 sur le pourcentage de charbon consommé par rapport au charbon extrait, par comparaison avec les mois correspondants de l'année 1920, est de 1 pour 100, ce qui, pour une extraction annuelle de 9 millions de tonnes, représente une économie de 90 000 t de combustible Cependant, la proportion des charbons inférieurs consommés a sensiblement augmenté.

Etablissements constructeurs de l'artillerie. — Dans les établissements constructeurs de l'artillerie, au nombre de 15, dont la consommation totale annuelle en houille ou coke atteint 60 000 t, une organisation dont voici les grandes lignes, a été réalisée.

Dans chaque établissement fonctionne un service spécial des économies de combustible, dont les travaux sont suivis et contrôlés par un service central.

Le rôle des services locaux d'économies de combustible est :

D'acquérir, de mettre au point et d'entretenir les appareils nécessaires au contrôle de la chauffe ;

D'étudier le fonctionnement des appareils, d'accord avec le chef du service de fabrication, de manière à déterminer les meilleures conditions de marche ;

De contrôler la réception du combustible, sa répartition dans l'usine, la consommation des divers appareils ;

D'étudier le meilleur mode de répartition des primes aux économies de combustible ;

De se documenter sur toutes questions concernant le chauffage industriel ;

D'étudier toutes améliorations et transformations matérielles propres à diminuer la consommation.

Digitized by Google

Le rôle du service central se déduit des mêmes principes généraux que celui des services locaux. Ce rôle est triple : contribuer à fournir la documentation aux établissements, réaliser la liaison entre les services des divers établissements, contrôler la consommation.

Des déterminations de températures et de bilans thermiques complets effectués périodiquement permettent de s'assurer du bon fonctionnement.

Cette organisation a donné des résultats très appréciables.

(*A suivre.*)

Revues, analyses et informations

L'électrification du tronçon Lucerne-Chiasso de la ligne du Saint-Gothard des Chemins de fer fédéraux suisses (1).

La mise en service de la traction électrique sur le tronçon Lucerne-Chiasso de la ligne du Saint-Gothard a été achevée au milieu de 1921. Les travaux se poursuivent pour l'électrification des autres parties de cette ligne.

I. Production et distribution de l'énergie. — L'énergie nécessaire est produite dans les deux centrales de Ritom et Amsteg, actuellement la première est seule en service. Ces centrales alimentent d'une part directement le fil de ligne à la tension d'utilisation de 15 000 v, d'autre part un réseau auxiliaire d'interconnection avec les sous-stations, réseau dont l'extension est prévue avec celle des travaux d'électrification. La fréquence est de 16 2/3 p : s. En raison toutefois de l'excès d'énergie disponible, la centrale d'Amsteg a été munie d'un alternateur à la fréquence industrielle de 50 p : s destiné à débiter sur le réseau général de la Suisse du nord et du centre.

Centrales. — La centrale de Ritom comprend 4 turbines à haute pression Piccard-Pictet, entraînant chacune un alternateur monophasé Brown-Boveri 9 000-11 500 kv-a, 15 000 v, 16 2/3 p : s à 6 pôles. Chaque groupe est muni d'une excitatrice indépendante et comporte 3 paliers à refroidissement par eau et un autre, à refroidissement par de l'huile de circulation. La vitesse de rotation est de 333 1/3 t : mn. La mise en parallèle est effectuée par l'appareil automatique Brown-Boveri. Les lignes de traction à 15 000 v sont connectées à un système de barres générales réunies elles-mêmes aux barres d'alternateur par l'intermédiaire d'interrupteurs à huile.

Pour l'alimentation du réseau d'interconnection, la tension est élevée à 60 000 v par 4 transformateurs monophasés (ultérieurement 7) Oerlikon. Ceux-ci, prévus pour une puissance de 10 000-12 000 kv-a sous cos $\varphi = 0{,}75$, sont à circulation d'huile et à refroidissement par eau. Le milieu de l'enroulement haute tension est mis à la terre par l'intermédiaire d'une bobine de self-induction. Des précautions spéciales ont été prises pour contrôler le bon fonctionnement du système réfrigérant et des thermomètres à distance indiquent au tableau la température de l'huile et des enroulements. A noter également que le réservoir des transformateurs a été construit pour résister à un vide intérieur de quelques millimètres permettant l'élimination facile de l'humidité de l'huile et des enroulements.

Les barres à 60 000 v sont munies d'interrupteurs à huile du type à commande électrique à distance ; la protection contre les surtensions est effectuée par des parafoudres à cornes avec résistances liquides de mise à la terre.

La centrale Amsteg présente la même disposition que celle de Ritom ; le matériel en a également sensiblement les mêmes caractéristiques.

Ligne 60 000 volts. — Elle est double, en partie aérienne sur poteaux métalliques avec isolateurs rigides et en partie constituée par des câbles armés.

Sous-stations. — 5 sous-stations de construction et de disposition similaires alimentent chacune un tronçon de la ligne. Elles sont prévues pour recevoir 3 transformateurs d'une puissance de 5 000-6 250 kv-a et d'un rapport de 2 × 30 000 v sur 2 × 7 500 v (2 seulement ont été actuellement installés) ; ces appareils sont à circulation d'huile et à refroidissement par eau. Ils sont munis d'instruments de con-

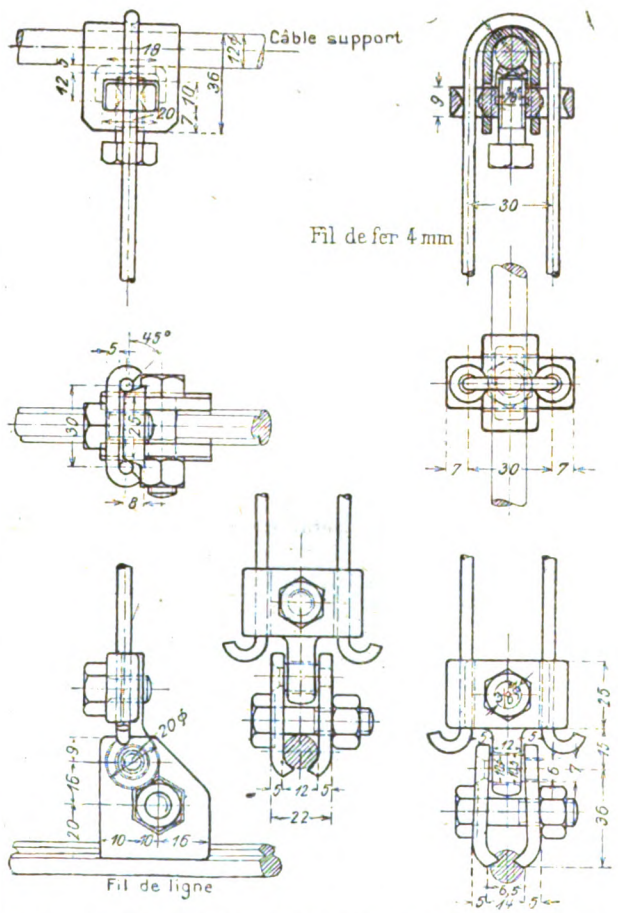


Fig. 1. — Griffes réglables de la ligne de prise de courant.

(1) R. Sachs. *Elektrotechnische Zeitschrift*, 5, 12, 19 et 26 janvier, 2 et 9 février 1922, t. XLIII, p. 1-7, 47-52, 78-85, 114-120, 143-148, 180-186, 25 000 mots, 75 fig., 1 tabl.

Digitized by Google

trôle à distance de la température et de la circulation de l'huile et de l'eau. Comme pour les stations centrales, la

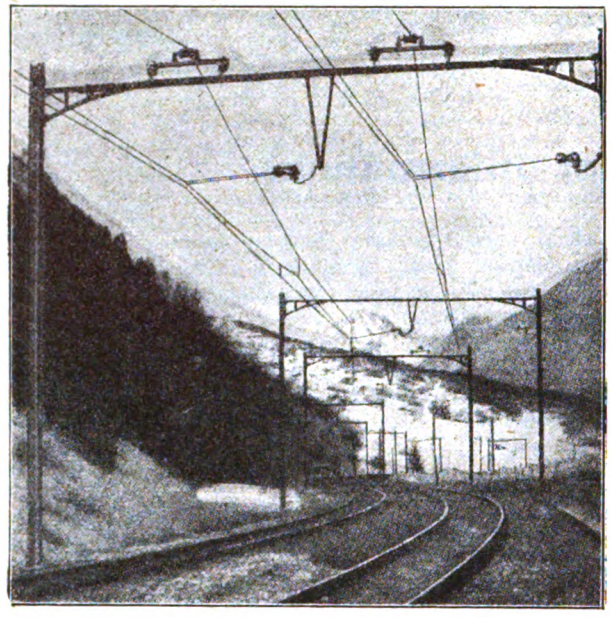


Fig. 2. — Supports de ligne sur voie normale.

protection contre les surtensions est assurée par des parafoudres à cornes avec résistance liquide de mise à la terre.

II. La ligne de prise de courant. — Elle est du type caténaire avec câble de suspension à attaches fixes et fil de prise à tension automatique. Celui-ci a une section, en forme de 8, de 107 mm²; il est suspendu au câble support principal, au moyen d'un câble support intermédiaire. Les attaches sont faites au moyen de crochets réglables (fig. 1).

Les supports sont constitués par des portiques en fers à double T et cornière orientés perpendiculairement à l'axe de la voie et composés de deux mâts et d'une traverse (fig. 1 et 2). Dans les stations où la partie des traverses est plus grande, celles-ci sont renforcées. L'écartement des supports est de 56 m en moyenne. Dans les tunnels, un bâti support simple à isolation multiple a été employé. Le câble principal est supporté par un isolateur diabolo fixé à une traverse supportée elle-même par deux isolateurs verticaux. Le câble support intermédiaire et le fil de prise de courant sont également maintenus par des isolateurs d'attache.

Pour l'alimentation, la voie est partagée en districts prévus de façon à être alimentés par leurs deux extrémités. Un district d'alimentation comprend un certain nombre de circuits variables avec le nombre de stations; ces circuits, séparés par des postes de sectionnement sont composés des fils de prise de courant et des canalisations auxiliaires. Celles-ci servent à effectuer la liaison des différents postes de sectionnement (représentés schématiquement sur les figures 3 et 4 par un interrupteur unipolaire) avec les fils de prise de courant, de façon à pouvoir mettre hors circuit un tronçon quelconque de ceux-ci. La figure 3 indique les combinaisons possibles de connexions au moyen des postes de sectionnement des différents tronçons compris entre deux points d'alimentation I et II.

Les postes de secctionnement sont à l'air libre et comportent des interrupteurs dans l'huile, unipolaires, prévus pour une intensité de 600 A et essayés à 60 000 V. La commande en est effectuée électriquement à distance par courant continu. La protection des tronçons est assurée par un dispositif sélectif analogue au système différentiel Merz-Price mettant hors circuit automatiquement, par ses deux

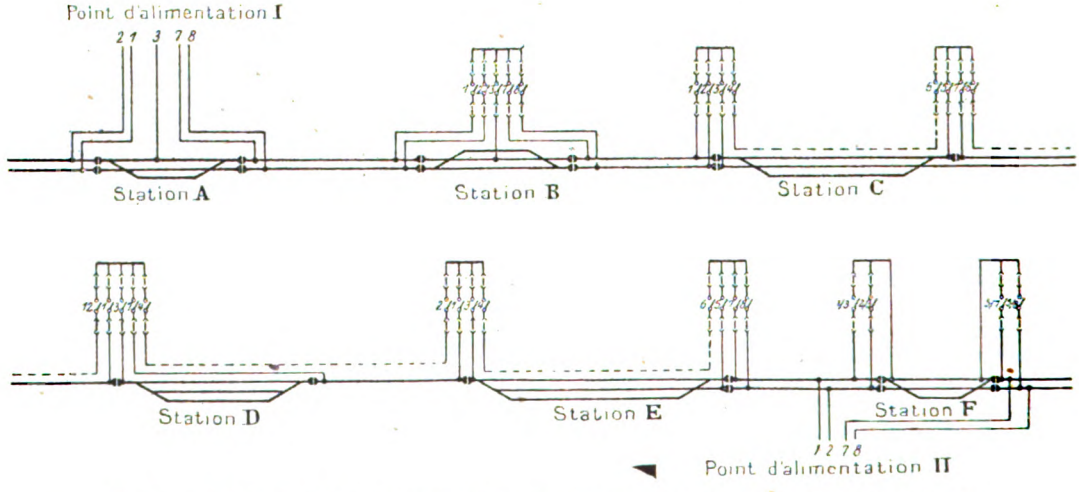


Fig. 3. — Schéma général des connexions des tronçons avec les postes de sectionnement.

extrémités, un tronçon fautif sans agir sur les autres tronçons.

Les locomotives. — Plusieurs modèles ont été mis en service, livrés par les sociétés Oerlikon, Brown Boveri et Ateliers de Sécheron. Tous sont caractérisés par l'emploi de moteurs à grande vitesse, de puissance continue relativement peu élevée (maximum 700 ch) et avec transmission par engrenage.

Dans la disposition de l'équipement électrique, la symétrie a été systématiquement recherchée; les moteurs principaux sont fixés, indépendamment du type de commande employé, sur des bâtis dont la mise en place et le démontage s'effec-

Digitized by Google

tuent par le toit de la locomotive prévu en conséquence. La disposition d'ensemble des connexions présente peu de différences entre les différents constructeurs et est établie suivant le principe de la séparation en deux parties de l'équipement électrique : d'une part, le circuit haute tension comprenant, outre la prise de courant et l'équipement du toit, un

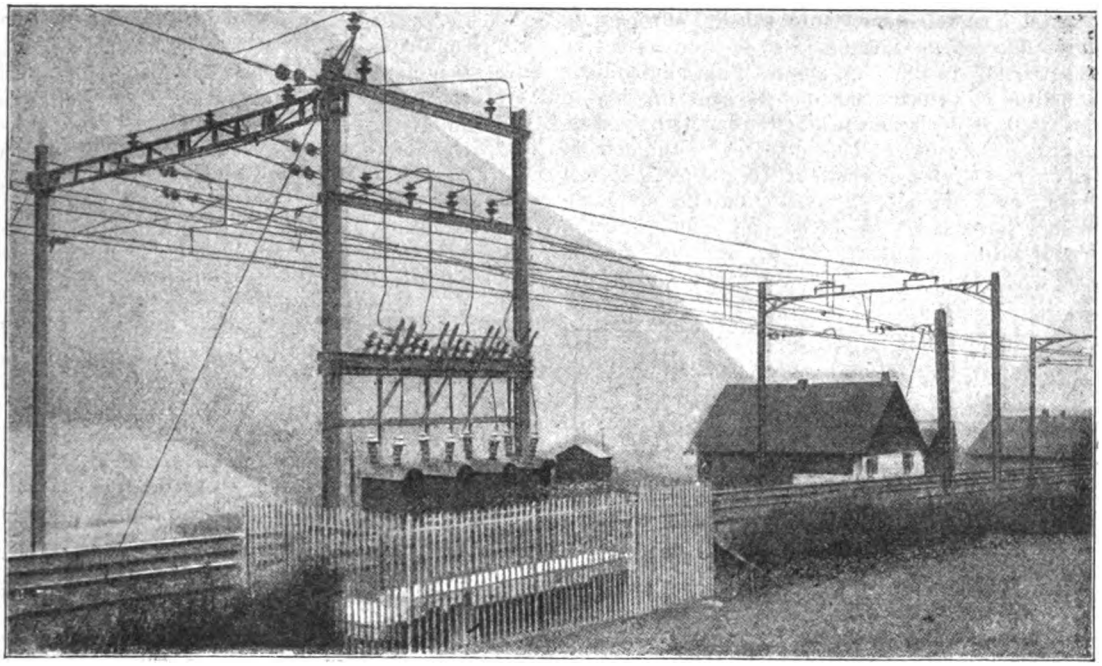


Fig. 4. — Vue d'un poste de sectionnement.

seul interrupteur à huile ainsi que l'enroulement haute tension du transformateur ; d'autre part, le circuit basse tension alimentant les moteurs dans les locomotives BBC et MFO, ceux-ci sont connectés en parallèle par groupes de deux moteurs disposés en série. Dans les locomotives 2-C-1, à commande séparée par essieu, les trois moteurs fonctionnent en parallèle. Les moteurs en tandem des Ateliers de Sécheron sont connectés en parallèle, chacun étant composé de deux moteurs en série. Les circuits à basse tension ne comportent pas d'interrupteurs ; le déclenchement en cas de surintensité est assuré par l'interrupteur à huile principal placé sur le circuit à haute tension.

Prises de courant et aménagement supérieur. — La prise de courant adoptée par tous les constructeurs est du type oscillant à un ressort, avec amortissement combiné à air et par ressorts, placée sur le toit de la locomotive Cette prise de courant est prévue en double. Sur le toit sont également disposés les sectionneurs d'arrivée et les bobines de réactance qui constituent les seuls appareils de protection contre les surtensions.

Interrupteurs à huile. — Ils sont tous du type moderne à rupture multiple et à résistance de choc. Le couvercle avec sa soupape de sécurité constitue, en général, une partie du toit de la machine. La commande est électropneumatique ou électromagnétique avec commande de secours à main.

Tranformateurs principaux. — La question du refroidissement des transformateurs semble être définitivement résolue par l'adoption du transformateur à huile dont le refroidissement a lieu soit par ventilation forcée de la cuve (MFO), soit par circulation de l'huile dans des tubes placés extérieurement le long de la locomotive (BBC). Les transformateurs sont soit à enroulement haute tension et basse tension distincts (MFO), soit à enroulements confondus (autotransformateurs BBC).

Commandes. — Les dispositifs de réglage de l'effort de

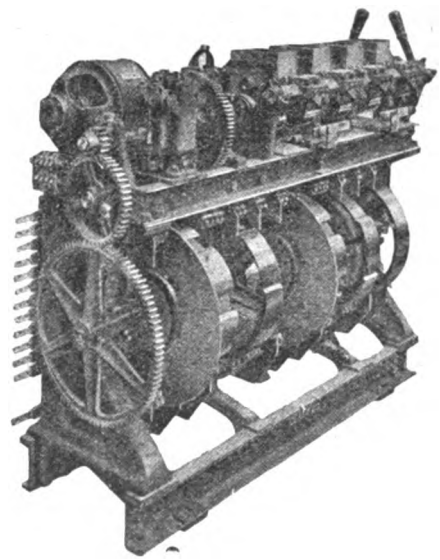


Fig. 5. — Combinateur des locomotives à marchandises 1C—C1 Oerlikon, à commande par servo-moteur.

traction et de la vitesse sont tous du type à prises multiples sur l'enroulement basse tension des transformateurs princi-

Digitized by Google

paux, mais présentent de notables différences suivant les constructeurs. Seuls les Ateliers de Sécheron emploient des contacteurs à air comprimé dérivés de la construction américaine. La compagnie Oerlikon utilise son commutateur tournant connu dont la commande est tantôt électropneumatique, tantôt à servomoteur, tantôt à main, et séparé en deux parties placées de chaque côté du transformateur (fig. 5). Les locomotives BBC sont munies d'un commutateur à crans constitué en principe par une vis sans fin dont la rotation provoque le déplacement longitudinal d'un système de balais sur une série de contacts disposés rectilignement et reliés aux prises du transformateur. Un dispositif spécial est prévu pour éviter la mise en court-circuit des spires du transformateur lorsque les balais passent d'un contact à l'autre et pour assurer la suppression des étincelles dans le déplacement des balais (fig. 6). La commande a lieu par

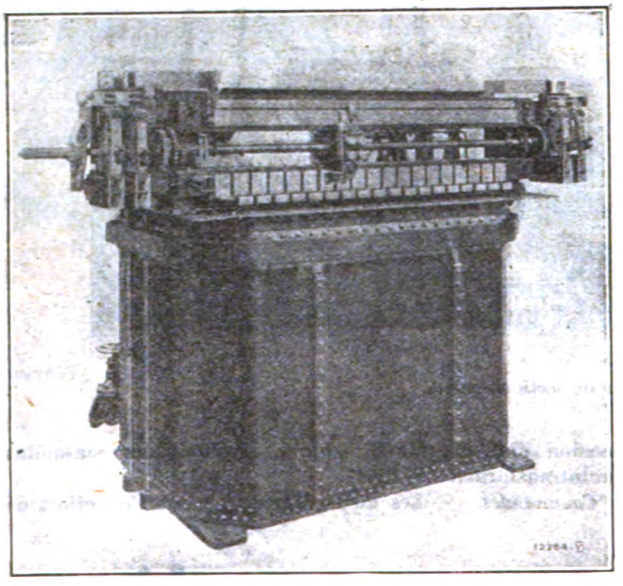


Fig. 6. — Transformateur des locomotives BBC n° 3, 4 et 6 avec coupleur à crans.

servomoteur. Cet appareil est placé à la partie supérieure du transformateur avec lequel il forme un tout unique.

Moteurs. — Tous les constructeurs ont adopté le moteur série simple avec enroulement de compensation et pôles auxiliaires dont le champ est décalé de l'angle convenable par une résistance placée en parallèle sur leur enroulement. A signaler l'emploi, dans les moteurs BBC, de connexions résistantes entre les conducteurs de l'induit et les lames du collecteur. Ces connexions permettent d'admettre une tension de court-circuit sous les balais plus grande, par suite une tension d'alimentation plus élevée, d'où réduction des dimensions extérieures du moteur pour une puissance donnée. Ces connexions sont disposées radialement entre l'induit et le collecteur et une lame en métal bon conducteur de la chaleur est intercalée entre chacune d'elles. L'ensemble des lames est isolé de la masse de telle sorte que l'épaisseur d'isolant entre les connexions et les lames peut être très mince et s'oppose peu par suite à la conduction de la chaleur des connexions aux lames. La ventilation de l'ensemble est ainsi très satisfaisante.

Appareils auxiliaires. — Le courant auxiliaire de manœuvre est pour toutes les machines fourni par une batterie d'accumulateurs de 36 v chargée semi-automatiquement par un petit groupe moteur-générateur auxiliaire.

Les ventilateurs et les compresseurs d'air pour freins Westinghouse et prise de courant, sont commandés par des moteurs à collecteur série ou par des moteurs à répulsion. En ce qui concerne le freinage électrique, l'administration des chemins de fer fédéraux a seulement exigé qu'il soit prévu pour le freinage du poids de la locomotive seul. Dans ces conditions, les locomotives BBC ont été munies du dispositif simple à résistance d'absorption : les moteurs sont, en descente, excités séparément par un transformateur auxiliaire et débitent comme alternateurs sur des résistances convenables. Sur les machines Oerlikon, on a réalisé le freinage électrique suivant le système Behn-Eschenburg avec bobine de réactance dans le circuit de l'induit.

Le chauffage des trains est prévu au moyen de résistances de chauffage alimentées par une conduite spéciale à 800, 1 000 ou 1 200 v connectée soit à des prises convenables du transformateur principal, soit aux bornes d'un enroulement spécial de celui-ci. La question n'est pas définitivement résolue en ce qui concerne le matériel courant actuel pour lequel des essais de chauffage à la vapeur ont été effectués au moyen de chaudières à électrodes placées soit dans le fourgon à bagages soit dans un wagon spécial muni d'une prise de courant propre. — A. R.

Quelques réflexions sur l'accumulateur à hydrate de plomb (1).

Les réclames commerciales qui ont été faites pour cet élément nouveau en ont exagéré les avantages ; une comparaison avec les résultats connus des éléments ordinaires donne une idée plus exacte des progrès réalisés par cette fabrication nouvelle et montre dans quelle voie l'amélioration a été cherchée.

En premier lieu, l'appellation « hydrate de plomb » est impropre, l'électrolyte étant toujours l'acide sulfurique et la matière active, le plomb et le peroxyde de plomb sur les plaques respectives. Peut-être serait-il plus correct de dire « hydroxyde de plomb impur », car l'oxyde, d'après le peu de renseignements qui ont été donnés, paraît être formé directement par le plomb pur et serait le sous-oxyde de plomb Pb^2O. Il s'hydrate promptement et se convertit en un mélange d'hydroxyde et de plomb métallique qui sert à empâter les grilles ; les plaques ainsi obtenues sont « formées » par voie électrolytique en positives et négatives suivant la méthode connue.

On prétend qu'une plus grande capacité est obtenue ainsi : cela ne peut-être que si la limite d'emploi de la matière active a été poussée plus loin par suite, sans doute, d'une plus grande porosité. L'écueil de la désintégration plus rapide des éléments auquel on s'était heurté jusqu'ici dans cette voie aurait été évité par les fabricants et en cela résiderait peut-être la supériorité de l'élément à hydrate de plomb.

Limites théoriques. — Un calcul approché permet d'établir qu'une livre de plomb ou de peroxyde donne, en moyenne, 110 a-h ; par suite, le maximum d'un élément est de 55 a-h par livre de matière active totale.

D'autre part, le pourcentage de matière active dans les plaques légères du type de traction varie suivant les types

(1) W.-R. Cooper. *Electrician*, 2 juin 1922, t. LXXXVIII, p 655-656, 4500 mots, 1 fig.

Digitized by Google

et la fabrication; on peut prendre une moyenne de 56 pour 100 du poids total de la plaque formée, positive ou négative. Partant d'un certain poids de matière active, il faut ajouter le poids des grilles, celui de la boîte et des accessoires. Ce dernier peut être pris égal à 12,5 pour 100 du poids des plaques. On peut donc dire qu'approximativement, la somme des poids des grilles et des accessoires est égale au poids de la matière active. Quant à l'électrolyte, son poids dépend de la variation de densité de l'acide pendant la charge et la décharge. Un certain poids d'acide est nécessaire, qui doit être déplacé par l'action de l'élément pour fournir le nombre d'ampères-heure voulu. Sur ces bases, le poids de l'élément en fonction de la matière active se traduit par le tableau suivant :

TABLEAU I. — *Matière active utilisée : 25 pour 100.* — Poids total de matière active admis, 1 livre.

Grilles et accessoires : 100 pour 100 de matière active, 1 livre.

Electrolyte donnant 13,75 A-h par livre de matière active (c'est-à-dire 25 pour 100 de matière active utilisée) et densité variant entre 1,280 et 1,170, soit 0,65. Total, 2,65.

En admettant une tension moyenne de 1,95 V, cela donne un débit spécifique d'énergie de

$$\frac{13{,}75 \times 1{,}95}{2{,}65} = 10{,}1 \text{ W-H.}$$

par livre d'élément au régime de dix heures.

Au régime de cinq heures, en prenant 1,93 V pour tension moyenne et en admettant une baisse de capacité de 12,5 pour 100, le débit serait de 8,8 w-h par livre. En pratique, les résultats sont légèrement supérieurs.

Pour l'amélioration de ce débit deux solutions sont possibles : l'une consistant à augmenter la limite d'emploi de la matière active, l'autre à réduire le poids des grilles par rapport au poids de matière active. Les résultats théoriquement possibles sont consignés dans le tableau II.

TABLEAU II. — *Débits théoriques d'énergie d'après certaines données.*

N°	DONNÉES			POIDS EN LIVRES				WATTS-HEURE PAR LIVRE	
	Matière active utilisée en centièmes du poids total de matière active	Grille en centièmes du poids de la plaque	Echelle des variations de densité de l'acide	Matière active totale	Grilles, boîte, etc.	Electrolyte	Total	Régime de 10 heures	Régime de 5 heures
1	25	44	1,280-1,170	1	1	0,65	2,65	10,1	8,8
2	50	44	1,280-1,170	1	1	1,3	3,3	16,3	14,0
3	75	44	1,280-1,170	1	1	1,95	3,95	20,4	17,6
4	100	44	1,280-1,170	1	1	2,6	4,60	23,3	20,2
5	50	22	1,280-1,170	1	0,44	1,3	2,74	19,5	16,9
6	100	22	1,280-1,170	1	0,44	2,6	4,04	26,5	23,0
7	25	44	1,350-1,170	1	1	0,41	2,41	11,8	10,2
8	50	44	1,350-1,170	1	1	0,82	2,82	20,2	17,4
9	75	44	1,350-1,170	1	1	1,22	3,22	26,6	23,0
10	100	44	1,350-1,170	1	1	1,63	3,63	31,4	27,2
11	50	22	1,350-1,170	1	0,44	0,82	2,22	25,7	22,1
12	100	22	1,350-1,170	1	0,44	1,63	3,07	37,2	32,0

On voit, par ce tableau, que la réduction du poids des grilles donne une amélioration sensible, mais la densité de l'acide joue un rôle plus grand et c'est de ce côté qu'il faut porter les recherches pour réaliser quelques progrès.

UTILISATION D'UN ACIDE FORT. — Une des caractéristiques de l'accumulateur à hydrate de plomb est, en effet, l'utilisation d'un acide à forte densité. Elle varie, d'après les fabricants, de 1,350 (fin de charge) à 1,300 (décharge). Jusqu'aujourd'hui, la limite supérieure pour les éléments au plomb du type usuel dans l'automobilisme était de 1,280, les acides plus forts produisant la décharge spontanée. Le but des constructeurs a toujours été la réduction maximum du poids de l'électrolyte et, comme cela ne peut avoir lieu sans une réduction correspondante du poids de l'eau, on conçoit qu'une grande échelle de variations de densité ait été adoptée, la limite inférieure étant égale à 1,170 et quelquefois moindre. Si les plaques du nouvel accumulateur peuvent supporter un acide à 1,350, l'élément est capable de travailler dans les limites 1,170 à 1,350, ce qui réduit le poids de l'électrolyte d'une manière appréciable. La tension moyenne de décharge s'en trouve augmentée : 2,07 V au lieu de 1,95 au régime de dix heures et 2,05 V au lieu de 1,93 au régime de cinq heures.

D'où un débit plus grand, mais aussi une plus grande variation de tension pendant la décharge. A noter aussi que la résistance intérieure de l'élément est accrue par l'acide fort.

COURBES DE DÉCHARGE. — Les courbes de décharge des éléments à hydrate de plomb, qui sont reproduites en figure 1, correspondent d'après le tableau II à une échelle de variations de tensité de 1,350 à 1,170 et montrent expérimentalement les avantages de l'emploi d'un acide fort. Cependant les fabricants donnent l'échelle 1,350 — 1,300, en contradiction apparente avec les résultats précédents et qui semble détruire le principal avantage de l'élément qui est la réduction du poids de l'électrolyte. On peut expliquer cette anomalie en admettant que l'acide faible qui se trouve dans les pores des plaques n'a pas le temps de se diffuser et, dès lors, les plaques travaillent, en fin de décharge, dans un acide en réalité beaucoup plus faible.

PURETÉ ET SULFATAGE. — On a constaté que l'accumulateur à hydrate de plomb ne se sulfate pas et on attribue cette caractéristique à la pureté des matières actives, ce qui éliminerait les actions locales. Sans doute, les actions locales produisent la décharge des plaques impures, mais il est con-

Digitized by Google

testable que la sulfatation leur soit due. D'ailleurs la litharge et le minimum qui sont communément employés peuvent être obtenus à un degré de pureté assez élevé pour qu'ils présentent les mêmes avantages. La qualité d'indestructibilité

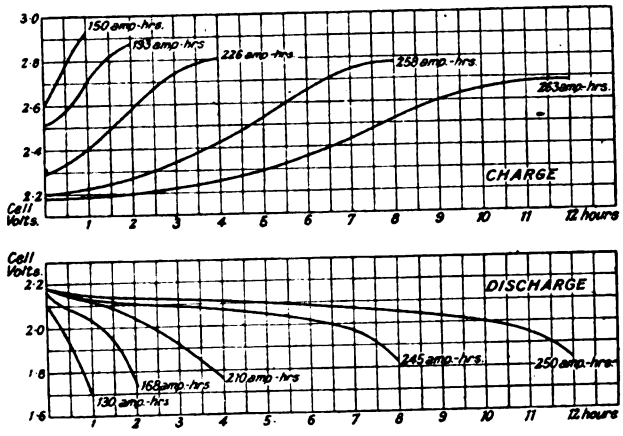


Fig. 1. — Courbes de charge et de décharge de l'élément à hydrate de plomb. Cell volts, tension de l'élément en volts; hours, heures; amp.-hrs, ampères-heure.

qu'on attribue au nouvel élément est bien excessive : on sait que tous les éléments se détériorent par suite de différentes causes dont la plus importante est la désagrégation de la matière active.

Application a l'automobilisme électrique. — On a fait beaucoup de réclame pour l'emploi de l'accumulateur à hydrate de plomb dans l'automobilisme. Un calcul facile montre qu'avec une batterie ordinaire débitant 11 w-h par livre au régime de 5 heures, pour un véhicule consommant 110 w-h par tonne mile et pesant deux fois plus que la batterie, la distance maximum qui peut être parcourue avec une seule charge est 75 miles et 50 quand le véhicule porte du matériel. Dans ces conditions, l'accumulateur à hydrate, débitant 24 w-h par livre au régime de 5 heures, doublerait la distance maximum parcourue par charge, soit 100 miles au lieu de 50 et peut-être 150 au lieu de 75 dans certaines conditions favorables, ce qui représente un sensible progrès, mais bien éloigné encore des 300 miles qui ont été suggérés. Ce résultat supposerait un débit égal à six fois celui qui est obtenu actuellement, c'est-à-dire de 60 à 84 w-h par livre. Ce qui a été dit précédemment en démontre l'impossibilité.

Pour conclure, on peut dire que le temps seul décidera si les avantages reconnus à l'accumulateur à hydrate de plomb sont justifiés. — Bo.

Les alternateurs monophasés de la centrale de Ritom des chemins de fer fédéraux suisses (1).

La ligne du Saint-Gothard qui fonctionne déjà électriquement sur la totalité de la section de Chiasso à Arth-Goldau est alimentée, pour le moment, par une seule centrale hydro-électrique située près de la gare d'Ambri-Piotta et qui utilise les eaux du lac de Ritom aménagé en réservoir. Cette centrale est équipée actuellement au moyen de quatre alternateurs monophasés qui présentent des particularités très intéressantes. L'énergie produite à la tension de 15 000 v par les alternateurs est, en partie, élevée à la tension de 60 000 v pour la distribution aux sous-stations réparties le long de la ligne et, en partie, déversée directement sur la ligne de contact. Les alternateurs peuvent, de ce fait, être soumis à des courts-circuits particulièrement violents, ce qui impose une construction toute spéciale pour ces machines.

Les alternateurs de l'usine de Ritom sont les plus puissantes machines monophasées à 16 2/3 p : s construites jusqu'à ce jour. Leurs caractéristiques principales sont les suivantes : puissance continue, 9 000 kv-a; puissance pendant une heure et demie, 11 500 kv-a; cos φ, 0.75; tension aux bornes, 7 500/15 000 v; tension d'épreuve (amplitude), 55 000 v; fréquence, 16 2/3 p : s; vitesse normale, 333 1/3 t : mn; vitesse d'emballement, 630 t : mn; moment de giration, 360 000 kg-m²; poids total 222 t; poids de la partie tournante, environ 80 t; diamètre extérieur du stator, environ 6 m.

L'ensemble turbine-alternateur ne comporte que trois paliers, les arbres des deux machines étant accouplés à cet effet.

La roue polaire possède 6 pôles et porte l'enroulement amortisseur.

Les alternateurs sont complètement fermés par une bâche de tôle; des ailettes montées sur les pièces polaires aspirent l'air dans une galerie abritant les arrivées des conduites forcées et qui règne tout le long de la salle des machines et le refoulent dans des collecteurs spéciaux.

Les paliers sont à graissage à bagues avec refroidissement par circulation d'eau.

Chaque alternateur possède, en bout d'arbre, une excitatrice de 90 kw à 165 v.

Le réglage de la tension des alternateurs se fait en agissant sur le champ de l'excitatrice. Pour obtenir un réglage suffisamment fin, il faut alors que la tension de l'excitatrice soit proportionnelle au courant d'excitation, autrement dit la caractéristique en charge de l'excitatrice doit être une droite. Ce résultat a été obtenu au moyen d'un grand entrefer et de pièces polaires spéciales dont la section au voisinage de l'induit est inférieure à celle des noyaux.

L'excitatrice est à 8 pôles et possède des pôles auxiliaires. Un régulateur à action rapide B. B. C. placé sur chaque machine assure le réglage de la tension des alternateurs; un relais de tension complète le système de façon à éviter que la tension des alternateurs atteigne une valeur dangereuse en cas d'emballement du groupe et cela, indépendamment de la fréquence. En cas de court-circuit sur la ligne, la tension des alternateurs est abaissée à une valeur telle que le courant débité ne dépasse pas 1,2 à 2 fois le courant normal; dès que le court circuit a cessé, la tension reprend immédiatement sa valeur primitive.

Ce système présente les avantages suivants très importants pour un réseau de traction : 1° en cas de dérangements passagers, aucune partie de l'installation n'est séparée du réseau; le service reprend normalement dès que la cause du dérangement a disparu; 2° les arcs de court-circuit s'éteignent souvent par le seul fait de la réduction de tension; 3° la marche en parallèle d'alternateurs et de réseaux ne se trouve pas influencée même par les courts-circuits les plus violents.

Un relais à maximum à action différée débranche l'alternateur si la surcharge persiste.

L'installation des alternateurs de Ritom est complétée par un dispositif de mise en parallèle automatique des alternateurs qui supprime tout danger de fausse manœuvre et réduit considérablement le temps nécessaire pour la synchronisation des machines. — H. C.

(1) *Revue B. B. C.*, septembre 1921, t. VIII, p. 217-222, 4 500 mots 5 fig.

Digitized by Google

SECTION ÉCONOMIQUE & FINANCIÈRE

Assemblées générales

Compagnie française pour l'Exploitation des Procédés Thomson-Houston.

ASSEMBLÉE GÉNÉRALE ORDINAIRE DU 22 JUIN 1922.

L'activité industrielle de la compagnie ne s'est pas ralentie malgré la crise qui sévit en ce moment. Le montant des commandes restant à exécuter dépasse actuellement les chiffres des années antérieures.

La nécessité d'étendre les réseaux de distribution a empêché le ralentissement de l'exécution des grandes installations. En même temps que se développent les puissantes centrales à vapeur de la région parisienne et du Nord, on équipe les chutes d'eau des Alpes, des Pyrénées, du Massif Central. On installe des lignes à très haute tension pour distribuer l'énergie à travers tout le territoire. L'électrification des voies ferrées s'impose; déjà l'éclairage électrique des trains va être généralisé.

Il reste à faire des progrès considérables pour le chauffage électrique, les applications rurales, le téléphone, etc.

Il y a donc un programme de grande envergure à remplir pour l'industrie électrique.

La compagnie a mis en service les usines de Saint-Ouen destinées à la fabrication du gros matériel électrique. L'un des halls, muni de puissantes machines-outils, est affecté spécialement aux opérations d'usinage et de montage des grands alternateurs et des machines de forte puissance. L'autre est réservé aux opérations de bobinage et de montage des transformateurs et des moteurs de locomotives et d'automotrices.

L'usine de Colombes était un complément indispensable des installations nouvelles. La compagnie y a mis au point la fabrication d'isolants absolument identiques à ceux de la General Electric Company.

Bien que l'usine Lecourbe continue à travailler à plein rendement pour la fabrication du moyen et du gros matériel, et que l'usine de Suresnes se consacre à la fabrication du gros appareillage et des tableaux de distribution, la compagnie devra développer largement la production de Saint-Ouen. Elle doublera la puissance actuelle de production de l'usine pour réaliser son programme au cours des exercices 1922 et 1923. Elle a, notamment, à effectuer la construction d'une série importante de turbo-alternateurs pour les grandes centrales thermiques de Comines, de Sainte-Tulle, de Rouen, de Constantinople, de Buenos-Ayres, de Bruxelles, etc.; d'une série de changeurs de fréquence pour l'usine de Gennevilliers de l'Union d'Électricité; d'une série d'alternateurs pour les chutes de la Basse-Isère; d'un grand nombre de commutatrices pour les sous-stations des chemins de fer; de moteurs de locomotives et d'automotrices destinées aux grands réseaux; de locomotives de mines dont elle reçoit régulièrement des commandes; d'un très grand nombre de transformateurs à haute tension destinés à différentes entreprises de distribution, notamment aux sous-stations de l'Union d'Électricité, à la Compagnie parisienne de Distribution d'Electricité, à l'Energie électrique du Nord, etc

Les usines de Neuilly et de Jarville restent spécialisées dans la construction du petit matériel. La compagnie a poursuivi, pendant l'année 1921, l'exécution des commandes qui lui avaient été données par la General Electric Cy de moteurs du type américain, à courant alternatif et à courant continu.

L'état des travaux de reconstitution de Lesquin a permis de reprendre la fabrication du petit appareillage et des porcelaines utilisées dans cette fabrication, en même temps que la compagnie mettait en service sa nouvelle fonderie de fontes destinées à la production des grosses pièces de machines.

La Société d'Études pour l'Électrification des Chemins de fer, fondée par la compagnie en collaboration avec la maison Schneider et Cie et la société de Jeumont, a obtenu, à la suite de négociations avec la Compagnie d'Orléans, la Compagnie P.-L.-M., la Compagnie du Midi, ainsi qu'avec l'Administration des Chemins de fer de l'Etat, des commandes considérables de matériel électrique fixe et roulant; pour l'ensemble des réseaux, le montant des affaires traitées par la Société d'Études est de 200 millions environ.

La compagnie a pu maintenir en plein travail ses usines des Favorites et du Hameau, destinées à la fabrication du matériel téléphonique.

Le Conseil rend compte de l'exploitation de l'exercice 1921 des diverses sociétés dans lesquelles la compagnie est intéressée.

Le Conseil avait signalé, dans le rapport à la dernière assemblée du 7 juin 1921, la création de la Compagnie des Lampes, qui venait d'être constituée en association entre l'International General Electric C°, la Compagnie générale d'Électricité et la Compagnie Thomson-Houston, au capital de 40 000 000 fr, plus 80 000 parts bénéficiaires sans valeur nominale. Cette société, qui a englobé plusieurs des principales affaires de lampes en France et en Espagne, et qui possède les droits des sociétés fondatrices dans plusieurs autres territoires, a consacré tout d'abord son activité à l'organisation de ses services et à la transformation de ses usines avec l'outillage et selon les méthodes techniques les plus modernes. Quoique son premier exercice n'ait eu qu'une durée de neuf mois (1er avril-31 décembre 1921), et qu'elle ait débuté en pleine crise commerciale et à l'entrée de la morte-saison de cette industrie, elle a réalisé des bénéfices permettant de distribuer un dividende de 25 fr aux actions et de 2,50 fr aux parts bénéficiaires, après une rigoureuse réévaluation des stocks et de larges amortissements portant sur le matériel et l'outillage.

La compagnie va réaliser un regroupement de tous les services administratifs, techniques, commerciaux de son siège, jusqu'ici répartis dans trois immeubles, rue de Lon-

Digitized by Google

dres, rue d'Aguesseau et rue de Vaugirard, dans un vaste immeuble moderne situé 173, boulevard Haussmann et 188, rue du faubourg Saint-Honoré, et qui vient d'être acquis par une société immobilière dénommée : Société anonyme immobilière Haussmann-Roule, dans la constitution de laquelle la compagnie a pris la plus grande part.

L'immeuble actuellement occupé par la société, 10, rue de Londres, est ainsi devenu disponible et la compagnie a pu le réaliser dans des conditions intéressantes.

Le développement de la production de l'usine Lecourbe et la mise en service de l'usine de Saint-Ouen ont permis de transférer peu à peu dans ces usines les fabrications assurées par l'usine de Vaugirard qui, située dans l'intérieur de Paris, a le grave défaut de n'être pas reliée au chemin de fer et dont la suppression fait depuis longtemps partie du programme général. L'usine de Vaugirard a été cédée à l'Institut Pasteur.

En vue de mobiliser la créance de la compagnie sur l'État, au compte des dommages de guerre, et de rendre disponibles les ressources nécessaires aux travaux de reconstitution de l'usine de Lesquin-les-Lille, elle a participé à la constitution d'une société anonyme dite Société de Reconstitution d'Usines sinistrées (Groupement Cail, Fives-Lille, Thomson-Houston), au capital de 6 millions de francs, qui a procédé à l'émission d'obligations 6 pour 100 gagées sur les titres d'annuités délivrés par l'Etat.

Cette opération, uniquement destinée à la reconstitution des usines sinistrées, a été effectuée également pour le compte des sociétés filiales : la Compagnie lorraine de Charbons et la Société anonyme des usines du Pied-Selle, dont les usines ont subi de graves dommages pendant la guerre; la part du groupe ainsi constitué, dans le montant total de l'émission, est de quarante-cinq millions.

Enfin, pour assurer l'exécution des projets industriels comportant des compléments d'outillage, une extension des approvisionnements et un accroissement du fonds de roulement de la société, dès que les commandes des compagnies de chemins de fer lui ont été notifiées, le Conseil d'Administration a estimé que le moment était venu de procurer à la trésorerie les ressources nouvelles qui devenaient ainsi nécessaires; et usant des pouvoirs qui lui sont conférés par l'article 41 des statuts, il a décidé d'émettre un emprunt de 60 millions de francs, divisé en une série d'obligations de 500 fr à 6 pour 100 entièrement assimilables aux 40000 obligations du même type émises en 1916.

Les bénéfices bruts de l'exercice provenant des bénéfices sur entreprises, constructions et ventes, revenu du portefeuille et des participations, intérêts, escomptes et agios, redevances sur brevets et divers, et après déduction de tous amortissements, réévaluation des stocks au cours du 31 décembre 1921 et provisions opérées avant inventaire, se sont élevés à 35435716,47 fr.

Les charges comprenant : les frais généraux, frais d'administration et frais judiciaires, 7989316,51 fr, les intérêts et primes sur obligations de 3923977,61 fr, s'élèvent au total de 11913294,12 fr, laissant un bénéfice net de 23522422,35 fr.

Il faut en déduire : pour mobilier et frais d'installation, 697419,11 fr; pour frais d'études, brevets, modèles et divers, 1014986,59 fr; pour réserve d'amortissement des constructions, matériel et outillage, 1800000 fr.

Le solde disponible est de 20010016,65 fr, qui se répartit : 5 pour 100 à la réserve légale, un dividende de 5 pour 100 aux 400000 actions, 10 pour 100 du reste au Conseil, un deuxième dividende de 4 pour 100 aux actions.

Il reste 108654,25 fr auxquels s'ajoute le report de 1910, 610764,90 fr.

Le report à nouveau est de 719329,23 fr.

Le dividende de 45 fr est payable depuis le 15 juillet, sous déduction des impôts, à raison de 40,90 fr pour les actions nominatives, et de 35,61 fr pour les actions au porteur contre remise du coupon n° 33.

BILAN AU 31 DÉCEMBRE 1921.

Actif.

	fr
Apports	1 »
Frais de constitution et d'installation	1 »
Mobilier	1 »
Modèles, dessins industriels, études, brevets, etc.	1 »
Immeubles du siège social	2 275 721,95
Terrains des usines	11 729 545,16
Constructions et bâtiments des usines	47 510 043,52
Matériel et outillage	48 642 433,05
Matières premières	81 079 613,23
Matériel en magasin et chez divers	24 079 099,17
Travaux en cours	121 707 310,07
Titres en portefeuille	67 343 708,91
Participations	23 942 450,36
Rentes françaises et bons de la Défense nationale	1 893 805,45
Caisses et banques	12 547 078,13
Effets à recevoir	2 750 886,40
Dépôts et cautions	623 769,68
Débiteurs :	
Fournisseurs avances	6 832 503,57
Clients	40 377 539,10
Comptes de reconstitution	30 129 145,62
Comptes courants et divers	26 891 026,37
Impôts à récupérer	3 300 446,40
Comptes d'ordre	3 771 559,65
	557 427 689,83

Passif.

	fr
Capital	200 000 000 »
Obligations	66 581 092,33
Réserve statutaire	8 350 639,41
Réserve spéciale	15 000 000 »
Réserve d'amortissement des constructions, matériel et outillage	33 500 000 »
Réserve pour accidents du travail et pensions de guerre	742 783,48
Effets à payer	66 409 304,98
Coupons à payer et obligations à rembourser	2 638 214,80
Créditeurs :	
Avances sur commandes	74 652 378,29
Fournisseurs	25 832 450,21
Créditeurs divers	34 432 337,40
Comptes d'ordre	8 667 707,39
Profits et pertes	20 620 781,64
	557 427 689,83

Digitized by Google

SECTION DE LÉGISLATION

Sur l'application des tarifs maxima prévus aux cahiers des charges des distributions d'énergie

Les tarifs maxima du cahier des charges constituent-ils, en tout état de cause, une limite infranchissable pour le distributeur d'énergie, même dans les traités particuliers conclus aux prix spéciaux ? telle est la grave question que pose l'examen d'un récent pourvoi au Conseil d'Etat. L'article ci-dessous suggère une solution équitable.

I. — Le Conseil d'Etat est actuellement saisi d'un pourvoi qui soulève une importante question de principe; d'autre part, l'arrêt qui sera rendu dans cette affaire est susceptible d'avoir de graves répercussions sur l'industrie de l'énergie électrique.

Les circonstances de la cause sont les suivantes :

La Société nantaise d'Eclairage et de Force par l Electricité est concessionnaire de la distribution publique de l'énergie dans la ville de Nantes, en vertu d'un contrat de concession du 6 juillet 1911, comportant un cahier des charges, conforme au type dont l'article 11 fixe les tarifs maxima de vente de l'énergie.

Ainsi que le permettaient les dispositions dudit article, la société concessionnaire a passé, avec divers industriels, des traités particuliers comportant des prix plus faibles que lesdits tarifs sous condition d'un minimum de consommation. Un traité de ce genre fut notamment conclu entre la société susvisée et les Etablissements Bertin.

Or, en 1917, un avenant au traité dont il s'agit stipula que le prix du kilowatt-heure varierait à l'avenir suivant les prix des charbons achetés par les chemins de fer de l'Etat, le prix du kilowatt-heure étant basé sur un cours moyen de 18,99 fr la tonne. En raison de la hausse des combustibles, il advint que les prix du kilowatt-heure ainsi fixés dépassèrent les maxima insérés au cahier des charges.

Assignée devant le Tribunal de Commerce de Nantes par les industriels intéressés, qui estimaient que leur traité ne devait jouer que dans les limites des prix maxima du cahier des charges, la Société nantaise fut condamnée à restitution.

La société fit appel du jugement du Tribunal de Commerce devant la Cour de Rennes. Celle-ci décida de surseoir à statuer « jusqu'à ce que la juridiction compétente ait tranché la question de savoir si le prix maximum de 0,25 fr le kilowatt-heure fixé par l'article II du cahier des charges pour tous autres usages que l'éclairage est ou non d'ordre public ».

A la suite de cet arrêt, la Société nantaise présenta une requête au Conseil de Préfecture de la Loire-Inférieure aux fins d'interprétation sur renvoi de la Cour de Rennes. Par arrêté du 28 décembre 1920, ce Conseil rendit la décision ci-après :

« Les prix maxima fixés à l'article 11 sont impératifs et obligatoires pour tous, pour la ville comme pour la société concessionnaire et ses abonnés : ils sont d'ordre public. »

C'est ce jugement que la Société nantaise a déféré à la censure du Conseil d'Etat, concluant à ce que « le Conseil d'Etat décide que la stipulation du tarif maximum n'a pas le caractère d'une prescription d'ordre public ».

L'intérêt de ce pourvoi est considérable. Nombre de sociétés distributrices ont, en effet, conclu pendant la guerre, avec leurs clients ayant des traités particuliers, des avenants comportant une formule dont le jeu faisait dépasser aux prix de vente du courant le tarif maximum inscrit au cahier des charges pour la catégorie de consommateurs intéressés. Si, conformément à l'arrêt de la Cour de Rennes, le Conseil d'Etat décide que les tarifs maxima ont force limitative, sans aucun correctif, à l'égard de tous les abonnés, par conséquent à l'égard de ceux qui ont un traité particulier comme de ceux qui n'ont qu'une simple police, tous les clients ayant payé l'énergie plus que le tarif maximum prévu au cahier des charges de la concession pourront réclamer à leur fournisseur des remboursements égaux à la différence entre les prix auxquels leur a été facturé le courant et le tarif maximum applicable. Ce sera un véritable désarroi dans les finances des distributeurs et, s'ils ne s'exécutent pas, les consommateurs intéressés leur intenteront une infinité de procès pour obtenir la restitution de l'indû. La décision prise dans cette affaire peut donc entraîner une grave perturbation dans l'industrie et un véritable assaut livré au prétoire.

II. — La question que pose le pourvoi est de savoir si les tarifs maxima doivent être considérés comme *d'ordre public*. C'est sur ce point que la Cour de Rennes a demandé un jugement, que le Conseil de Préfecture a répondu et que le Conseil d'Etat devra se prononcer. Examinons donc la question.

Digitized by Google

L'article 6 de la loi organique du 15 juin 1906 porte : « Toute concession est soumise aux clauses d'un cahier des charges conforme à l'un des types approuvé par décret délibéré au Conseil d'Etat, sauf les dérogations ou modifications qui seraient expressément formulées dans les conventions passées au sujet de ladite concession ». L'article 7 précise que : « si l'acte de concession comporte des dérogations ou modifications au cahier des charges-type, il ne devient définitif qu'après avoir été approuvé par un décret délibéré en Conseil d'Etat ». L'article 24 du décret réglementaire du 3 avril 1908 confirme ce point.

Ainsi donc, le législateur a imposé nettement aux autorités concédantes et aux entrepreneurs l'observation d'un cahier des charges-type, sauf dérogations ou modifications approuvées par décret. Les parties ne sont pas libres de choisir telle rédaction qu'elles veulent pour déterminer les conditions de la concession ; si elles ne s'en tiennent pas au texte du cahier type, il faut l'intervention du représentant suprême du pouvoir exécutif pour consacrer leur volonté. Les cocontractants ne peuvent faire régir leurs rapports par d'autres clauses qu'en obtenant l'approbation de la même autorité qui a établi le modèle réglementaire. On ne saurait être plus formel pour affirmer l'intangibilité de principe de ces dispositions organiques ; elles sont donc bien d'ordre public.

Toutefois, à l'analyse, des distinctions apparaissent comme nécessaires. Le cahier des charges-type se compose de trois éléments : un texte ferme, un texte facultatif et des blancs. Or, le texte ferme seul forme un corps qui s'impose aux concédants et aux concessionnaires, sauf dérogations autorisées par décret en Conseil d'Etat. Le chef du pouvoir exécutif a estimé, en effet, qu'il y avait là un ensemble de dispositions essentielles constituant les fondements mêmes du service public et ne pouvant, par suite, être remanié au gré des parties. Toutes les pièces de cette ossature du cahier des charges sont donc absolument impératives et obligatoires pour les contractants, à moins que n'en décide autrement l'autorité même qui les a établies par délégation du législateur.

Une autre partie du cahier des charges-type est purement facultative, ainsi que l'indique une note en tête de ce cahier. C'est celle qui est en italique dans les cahiers des charges imprimés. Elle peut donc être maintenue ou supprimée, mais non pas modifiée ad libitum, car alors les cocontractants feraient eux-mêmes œuvre réglementaire.

Enfin, une troisième partie du cahier type demeure nécessairement soumise à la libre appréciation des parties, sous réserve, bien entendu, quand l'une d'elles est une commune, de l'approbation du préfet agissant comme tuteur administratif ordinaire : elle est constituée par les blancs du texte type qu'il leur appartient de remplir au mieux de leurs intérêts respectifs, à condition toutefois de ne pas aller implicitement à l'encontre d'autres dispositions impératives. C'est là l'élément purement contractuel de l'acte de concession, tout le reste étant réglementaire. Il ne pourrait évidemment s'agir de donner le caractère d'ordre public à ces inscriptions laissées, en principe, à la discrétion de l'autorité concédante et de l'entrepreneur se chargeant du service. La preuve, d'ailleurs, que ces inscriptions n'ont pas ce caractère, c'est que les parties peuvent, d'un commun accord, les modifier quand elles le jugent utile, par un simple avenant. Si cet avenant est passé par le préfet ou par le ministre, il devient définitif dès sa conclusion, en principe du moins. S'il intéresse une commune, il n'est soumis qu'à l'approbation du préfet, agissant comme tuteur administratif. Sans doute, dans le cas où un décret est intervenu pour approuver l'acte initial, il en faut un également pour approuver l'acte modificatif ; mais, si ce décret est alors nécessaire, ce n'est pas parce que les nouveaux arrangements intervenus sont inopérants par eux-mêmes, c'est par application de la règle : « Ejus est mutare cujus est condere ».

Ainsi donc, alors que les dispositions de l'article 11 des cahiers types relatives à *l'institution* des tarifs maxima sont d'ordre public, les *chiffres* librement inscrits par les parties dans les blancs du texte imprimé, pour la fixation desdits tarifs, n'ont aucunement ce caractère.

Par suite, ce n'est pas pour cette raison qu'ils s'imposent aux concessionnaires, même dans le cas de traités particuliers. La question a donc été faussement posée par la Cour de Rennes et par le pourvoi. Mais il est fort probable que le Conseil d'Etat ne se bornera pas à résoudre cette question non pertinente, car la réponse laisserait entière la difficulté litispendante. Il se trouvera donc amené sur le véritable terrain du litige. Nous allons maintenant le déterminer.

III. — Un point préliminaire doit être établi qui a été perdu de vue par la Cour de Rennes : c'est que les stipulations du cahier des charges signé par les parties peuvent être obligatoires sans être des prescriptions d'ordre public. Du seul fait que les contractants ont convenu de les adopter et les ont consacrées par leurs signatures, elles les lient jusqu'à nouvel ordre : la convention fait la loi des parties. En particulier, le taux du tarif maximum s'impose aux parties, puisqu'elles en ont ainsi décidé d'un commun accord.

IV. — Abordons maintenant le fond de l'affaire. La véritable question qui se pose dans la circonstance, c'est celle de savoir si les traités particuliers sont soumis ou non au cahier des charges et si les tarifs maxima s'y appliquent. Sur ces deux points, la réponse ne saurait faire doute. Il est incontestable que le concessionnaire est tenu de se soumettre à son cahier des charges pour tout ce qui concerne le service public qu'il a assumé et dans ses rapports avec tous ses clients, quelle que soit la forme de l'acte passé avec eux, police ou traité. On ne comprendrait pas qu'il pût se soustraire librement à la charte qui a organisé son service ; elle comporte des avantages et des droits pour lui,

Digitized by Google

mais aussi des obligations et, s'il jouit d'un privilège de fait, il est juste et nécessaire qu'il se soumette aux sujétions corrélatives. D'ailleurs, l'intention des rédacteurs du type a bien été que les traités particuliers tombent sous le coup du cahier des charges et que le tarif maximum s'y applique. L'article 11 du type contient en effet un alinéa ainsi libellé : « Si le concessionnaire *abaisse* pour certains abonnés le prix de vente de l'énergie... avec ou sans condition, *au-dessous des limites fixées par le tarif maximum* ». Le cahier des charges ne prévoit donc la possibilité de conventions spéciales avec les particuliers que pour une réduction des tarifs, et le taux des tarifs maxima, pour n'être pas d'ordre public, n'en est pas moins, jusqu'à conclusion d'une nouvelle convention avec l'autorité concédante, une limite obligatoire pour le concessionnaire, même quand il s'agit de traités particuliers.

V. — Ce point ne fait pas difficulté tant que la situation économique reste à peu près stationnaire. Mais quand elle cesse de l'être, est-il admissible que le jeu d'une formule insérée dans un traité de ce genre pour la détermination du tarif à payer par le client dépasse le maximum prévu par le cahier des charges?

Lorsque le concédant et le concessionnaire ont convenu dudit maximum, ils ont tenu compte des circonstances probables. Il en a été de même pour la fixation des prix insérés dans les traités particuliers. Tant que les conditions économiques ne sont pas très différentes de ce qu'elles étaient au moment de la conclusion desdits actes, bien que devenant moins avantageuses pour l'entrepreneur, celui-ci doit les subir, comme aléa normal du commerce et de l'industrie, car on reste dans le cadre des prévisions possibles au moment de la conclusion du traité particulier et de l'acte de concession. Mais du jour où un véritable bouleversement des affaires se produit à la suite d'une grave et longue crise comme la guerre, toutes les formules qui ne sont pas adaptées aux circonstances nouvelles se trouvent jouer à faux. Le concessionnaire reste sans doute tenu de continuer d'assurer le service suivant celles des dispositions de son cahier des charges qui sont d'ordre public, mais est-il encore obligé de se conformer aux chiffres qu'il a arrêtés librement avec l'autorité concédante? Non, il peut en établir de nouveaux, d'accord avec elle, et, si elle n'y consent pas, il peut, suivant l'équitable jurisprudence du Conseil d'Etat, obtenir une juste indemnité pour compenser les charges extracontractuelles supportées par lui. De même, il peut également, d'accord avec les abonnés, convenir de nouveaux prix de vente de courant. La question revient donc à demander si ces nouveaux prix peuvent être fixés de concert entre l'entrepreneur et l'abonné à un taux supérieur au maximum du cahier des charges avant que ce maximum ait subi une majoration ou malgré le refus, par d'autorité concédante, de la consentir judicieusement Si l'on répond par la négative, l'entreprise se trouvera acculée à la faillite dans le cas où la plupart de ses gros clients jouiront de traités à prix réduits et où les maxima prévus à leur égard par le cahier des charges seront inférieurs au prix de revient même de l'énergie pendant les circonstances critiques traversées. Il faut donc décider si un texte périmé en fait doit prévaloir contre l'évolution qui s'est précipitée, si le respect de la parole donnée, impliquant l'observation de maxima désuets, doit l'emporter sur la nécessité d'assurer la vitalité des entreprises, si, en un mot, la stabilité des conventions, propice aux affaires en temps normal, doit se figer en une rigidité d'arme qui tue dans les périodes de bouleversements économiques. Il semble que deux adages juridiques commandent ici la solution, à savoir : « A l'impossible, nul n'est tenu » et « Summum jus, summa injuria. »

D'une part, en effet, on sous-entend dans les contrats la clause : « rebus sic stantibus ».

D'autre part, il faut considérer qu'il a pu dépendre bien souvent du retard de l'autorité concédante à consentir un relèvement légitime des tarifs maxima, que le jeu de la formule insérée au traité particulier fasse dépasser au prix de vente le taux de ces tarifs. Peut-on faire subir au concessionnaire les conséquences de la mauvaise volonté d'une municipalité rétrograde ou des lenteurs administratives différant l'application licite de tarifs maxima plus élevés, d'ores et déjà convenus avec l'autorité concédante? Enfin, au moment où le prix de vente du courant s'est trouvé dépasser le tarif maximum, le client de bonne foi reconnaissait certainement que ce tarif était insuffisant pour rémunérer le distributeur d'énergie ; dire que le prix du courant devait rester dans les limites prévues par le cahier des charges pour une autre époque, ce serait avantager le client peu scrupuleux qui spécule sur la rigueur du droit.

VI. — Par conséquent, il paraîtrait peu judicieux de décider que les tarifs maxima s'imposent comme limite *en tout état de cause*. Notre juridiction administrative suprême a très équitablement admis le droit pour le concessionnaire d'obtenir une légitime majoration des tarifs maxima pour alléger les charges qu'il supporte dans des conditions anormales : c'est la théorie de l'imprévision consacrée par l'arrêt dit du Gaz de Bordeaux et déjà plusieurs fois confirmée. De son côté, le législateur a, par la loi Failliot, reconnu qu'il y avait lieu d'admettre la résiliation des marchés de fournitures conclus avant la guerre et ne pouvant plus s'exécuter dans les conditions convenues, depuis que la situation économique a totalement changé.

Il semble donc qu'il serait logique et juste de permettre, à titre provisoire, jusqu'à ce qu'une compensation ait été accordée au concessionnaire pour ses charges extracontractuelles, le dépassement des tarifs maxima encore en vigueur, sauf réajustement ultérieur. Le règlement définitif s'opérerait en tenant compte des nouveaux tarifs maxima qui auraient été consentis entre temps par l'autorité concédante ou, si elle s'y était refusée, il serait basé sur l'indemnité allouée, en

Digitized by Google

vertu d'une décision de justice, au concessionnaire n'ayant pu obtenir satisfaction de son concédant. Si cette solution ne pouvait être adoptée pour les abonnés ordinaires, sans entraîner des complications peut-être excessives, il n'y aurait pas d'inconvénient véritable à l'admettre pour les gros consommateurs bénéficiant, généralement, de traités particuliers qui portent sur une assez longue période.

Les avantages de la solution qui vient d'être préconisée sont à la fois théoriques et pratiques.

D'abord, elle respecte le principe que le taux des tarifs maxima s'applique même aux contrats particuliers, puisque le réajustement ultérieur ramène les prix de vente du courant à ce taux.

Ensuite, elle est conforme à la plus stricte équité.

Enfin, elle sanctionne l'adaptation naturelle aux faits économiques qui est absolument nécessaire au commerce et à l'industrie, en même temps qu'elle évite une tourmente dans les distributions d'énergie et une infinité de procès éventuels.

A. Foris,
Docteur en droit.

Législation, jurisprudence, réglementation

Projet de loi concernant l'extension des attributions du Bureau international des Poids et Mesures aux unités électriques.

Le « Journal officiel » du 18 octobre 1922 publie, page 1387 des « Documents parlementaires, Chambre » l'exposé des motifs et le texte de ce projet de loi, déposé à la première séance du 15 juin 1922; en voici la roproduction.

Exposé des motifs. — D'après l'article 6 de la convention signée à Paris le 20 mai 1875 pour assurer l'unification internationale et le perfectionnement du système métrique, le Bureau international des Poids et Mesures était chargé des comparaisons et vérifications du mètre et du kilogramme, ainsi que de la conservation des prototypes internationaux de ces unités.

Dans ces dernières années, les lois sur les unités ont été élargies de façon à comprendre toutes les grandeurs pouvant intervenir dans les transactions commerciales ou les opérations industrielles. Nous citerons pour la France la loi du 2 avril 1919 sur les unités de mesure et le règlement d'administration publique du 26 juillet de la même année.

Il faudra adopter pour les nouvelles unités des étalons internationaux, comme on l'a fait pour le mètre et pour le kilogramme. Une extension des attributions du Bureau international des Poids et Mesures paraît le moyen le plus rationnel, le plus simple et le plus économique de faire procéder aux études et à l'établissement desdites unités nouvelles, ainsi qu'à la conservation et à la comparaison des étalons de ces unités.

Une conférence internationale s'est réunie à Paris et à Sèvres du 27 septembre au 6 octobre 1921, en vue de modifier la convention du 20 mai 1875, dans le sens d'une extension des attributions du Bureau. Cette conférence comprenait des délégués de vingt-sept pays.

La conférence a estimé qu'il convenait de se limiter, quant à présent, aux unités électriques. Elle a modifié, en conséquence, l'article 7 de la convention de 1875. Elle a décidé, d'autre part, de porter de 100 000 fr à 250 000 fr et, éventuellement, à 300 000 fr la partie fixe de la dotation du Bureau international des Poids et Mesures dont les ressources étaient notoirement insuffisantes pour assurer le fonctionnement des services. Cette augmentation résulte d'un changement apporté à l'article 6 du règlement annexé à la convention.

Les travaux de la conférence ont abouti à la signature de la convention internationale signée à Sèvres le 6 octobre 1921 que nous vous demandons de vouloir bien approuver le plus tôt possible.

Projet de loi. — Le Président de la République est autorisé à ratifier et, s'il y a lieu, à faire exécuter la convention internationale portant modification :

1° De la convention signée à Paris, le 20 mai 1875, pour assurer l'unification internationale et le perfectionnement du système métrique ;

2° Du règlement annexé à cette convention conclue à Sèvres le 6 octobre 1921 entre l'Allemagne, la République Argentine, l'Autriche, la Belgique, le Brésil, la Bulgarie, le Canada, le Chili, le Danemark, l'Espagne, les Etats-Unis d'Amérique, la Finlande, la France, la Grande-Bretagne, la Hongrie, l'Italie, le Japon, le Mexique, la Norvège, le Pérou, le Portugal, la Roumanie, l'Etat serbe-croate-slovène, le Siam, la Suède, la Suisse et l'Uruguay.

Sur la non-application de l'impôt sur le chiffre d'affaires aux frais de transport lorsque ce transport est effectué par des voitures du vendeur.

Le « Journal officiel » du 20 octobre 1922 publie, p. 2780 des « Débats parlementaires, Chambre des Députés » la question et la réponse suivantes.

14611. — M. Delafoy, député, demande à M. le ministre des Finances si un commerçant dont les marchandises sont, aux termes de ses conditions de vente, vendues prises à ses magasins, est passible de l'impôt de 1,10 pour 100 sur les transports de marchandises qu'il effectue au moyen de ses propres camions-autos et dont il facture le montant à ses clients en plus de la marchandise elle-même, soit par facture séparée soit sur la même facture que la marchandise (Question du 12 octobre 1922.)

Réponse. — Aux termes de l'article 62 de la loi du 25 juin 1920, l'impôt sur le chiffre d'affaires est dû : 1° par les personnes qui vendent des marchandises, sur le prix de vente de ces marchandises; 2° par les personnes qui font acte d'entrepreneurs ou de loueurs de services sur le prix de location et les autres profits définitivement acquis. Par suite, le commerçant qui facture à ses clients, d'une part, le prix de marchandises vendues prises à ses magasins et, d'autre part, le prix du transport de ces marchandises qu'il effectue lui-même, est redevable, en principe, de l'impôt sur le chiffre d'affaires sur la totalité des sommes facturées aux clients, du moment que ces sommes représentent le prix d'une vente et la rémunération pour un service rendu, qu'elles figurent sur une seule facture ou sur deux factures distinctes. Toutefois, si le transport est effectué au moyen de voitures automobiles appartenant au commerçant vendeur, le prix de ce transport est exonéré de l'impôt à 1 10 pour 100 en vertu de l'article 60, paragraphe 11, de la loi du 25 juin 1920.

Digitized by Google

REVUE GÉNÉRALE DE L'ÉLECTRICITÉ

Organe de l'Union des Syndicats de l'Électricité

réunissant

LA REVUE ÉLECTRIQUE 1904-1916 — LA LUMIÈRE ÉLECTRIQUE 1879-1916

DIRECTEUR : J. BLONDIN, Agrégé de l'Université.

6e ANNÉE. — TOME XII. — N° 19. — 11 NOVEMBRE 1922.

Chronique. — Nécrologie : Ernest Stassano. — Bibliographie : Atlas de l'ingénieur électricien, par Fernand LÓPEZ; Vade-Mecum de l'inventeur (777 inventions à réaliser de haute importance industrielle), par Edwin-W. LIGGINSON; Einstein ou Euclide, par Maurice SAUGER, p. 705-706.

Section scientifique et technique. — Influence du déphasage sur le fonctionnement des commutatrices, par G. PALANCHON, p. 707. — Sur le calcul de l'attraction des électroaimants, par André GUILBERT, p. 714. — Revues, analyses et informations : L'état actuel de la question des surtensions, p. 718.

Section industrielle. — Branchements de secours pour compteurs triphasés, par W. JANVIER, p. 721. — Le groupement des houillères envahies et les solutions générales adoptées au point de vue électrique dans la reconstitution des mines, par G. JAULA, p. 724. — Sur l'organisation des économies de combustibles dans l'industrie, rapport de M. P. Mahler sur l'organisation des économies de combustibles dans l'industrie (*suite et fin*), p. 734. — Revues, analyses et informations : Locomotives monophasées des Chemins de fer fédéraux suisses, p. 740; Progrès récents dans les applications domestiques de l'électricité, p. 743.

Section économique et financière. — Assemblées générales : Compagnie du Chemin de fer Métropolitain de Paris, p. 745.

Section de législation. — Législation, jurisprudence, réglementation : Circulaire déterminant le mode de fixation des taxes et redevances dues par les concessionnaires ou permissionnaires d'énergie hydraulique, p. 747; Loi assurant l'exécution de l'article 10 de la loi du 20 avril 1916 et de la loi du 23 octobre 1919 (loi sur la spéculation), p. 751; Projet de loi concernant les droits de douane des huiles lourdes et de graissage, p. 751; Projet de loi concernant l'établissement, l'entretien et le fonctionnement des lignes télégraphiques et téléphoniques dans les départements du Haut-Rhin, du Bas-Rhin et de la Moselle, p. 751; Sur le privilège du Trésor en matière de bénéfices de guerre sur les biens d'un contribuable décédé, p. 752, Sur l'application de l'impôt sur les traitements et salaires aux employés et ouvriers n'ayant été occupés qu'une partie de l'année, p. 752.

Nécrologie : Ernest Stassano. — Un des pionniers de l'électrosidérurgie, Ernest Stassano, vient de décéder dans sa soixante-troisième année. Né le 26 mai 1859, ses études le conduisirent à l'Académie militaire de Turin, puis à l'Ecole d'Application de l'Artillerie et du Génie, d'où il sortit, en 1880, avec le grade de lieutenant.

Affecté en 1886, comme capitaine, à la fabrique d'armes de Terni, il quitta, en 1898, le service actif pour se consacrer complètement aux recherches commencées dès 1896 sur la fabrication du carbure de calcium.

Il entrevit alors la possibilité d'employer le four électrique pour les applications de la sidérurgie. Au moyen d'un appareil à deux électrodes, d'une puissance de 130 ch, il obtint une éponge de fer, en partant du minerai de Cogne. Puis il perfectionna son appareil et construisit un nouveau type de four à chambre cylindrique avec voûte en coupole et comportant deux ou trois électrodes. Le four fut ensuite rendu mobile autour d'un axe vertical sur lequel la chambre se trouve légèrement inclinée, en vue d'obtenir une meilleure utilisation de la chaleur et un bain plus homogène.

En 1905, il créait la Société des Fours thermoélectriques, pour l'exploitation de ses brevets.

Stassano publia de nombreux mémoires sur l'électrosidérurgie et prit une part très active aux grandes discussions sur ce sujet qui eurent lieu notamment à la Société des Ingénieurs civils de France et au Congrès de l'Association d'Electro-Chimie américaine en 1909. A cette dernière réunion, il présenta une remarquable monographie sur les applications du four électrique à la sidérurgie.

Bibliographie : Atlas de l'ingénieur électricien, par Fernand LÓPEZ, ingénieur électricien (1). — Ce volume est entièrement composé de schémas relatifs, pour la plupart, aux connexions électriques. Un tel recueil à l'usage des ingénieurs peut paraître, à première vue, d'une utilité contestable, puisque le rôle de ceux-ci est justement de savoir établir de semblables schémas lorsqu'ils sont nécessaires. Cependant, on ne saurait nier les services rendus par les nombreux plans et schémas que l'on trouve dans les formulaires ou que les revues techniques joignent à leurs articles et, d'autre part, on sait que les ingénieurs sont amenés, pour l'exécution des projets relatifs aux nouveaux travaux, à consulter presque toujours les « bleus » se rapportant aux installations déjà existantes.

(1) Un volume, format 27 cm × 19 cm, 315 pages, 300 planches, édité par la librairie polytechnique Ch. Béranger, 15, rue des Saints-Pères, Paris, 1922. Prix : relié, 62 fr.

Digitized by Google

L'Atlas de l'ingénieur électricien a été composé pour remplir un rôle analogue, pour aider la mémoire du technicien en rassemblant, en un seul volume, mille détails de montage disséminés parmi les pages d'un nombre considérable d'ouvrages et de périodiques.

On n'a pas cherché, dans ce travail, à réunir *beaucoup* de schémas, mais bien à grouper *tous* ceux essentiels auxquels on a joint quelques dessins d'ensemble, plus complexes, qui servent d'exemples.

Les premières planches sont consacrées aux signes conventionnels représentant les divers appareils élémentaires (machines, commutateurs, appareils de tableaux, etc...); viennent ensuite les branchements de moteurs et de transformateurs, puis les installations de centrales.

Les rhéostats, démarreurs et controllers occupent une place importante puisqu'ils font l'objet d'une cinquantaine de planches. Les schémas qui suivent sont plus complexes; ils se rapportent à des installations complètes pour les commutatrices, les réducteurs d'accumulateurs et aux connexions pour machines rotatives, moteurs de grues, groupes d'extraction.

Les planches suivantes sont consacrées aux transformateurs, puis aux lignes et postes de transformateurs; ces derniers sont représentés d'abord dans leurs détails (interrupteurs, disjoncteurs, commande à distance d'appareils, appareils de tableaux, dispositifs de protection), puis dans leur ensemble, les dix dernières planches donnant des exemples de connexions de centrales à vapeur et de centrales hydrauliques.

L'ouvrage entier ne contient pas seulement des schémas de connexion, on trouve quelques dessins d'un autre ordre, également utiles pour l'ingénieur. Ce sont, par exemple, les dessins se rapportant aux divers systèmes d'enrouleurs pour poulies ou à la réfrigération de l'huile d'un transformateur, le tracé servant à calculer la hauteur minimum à considérer pour l'extraction d'un transformateur de sa cuve, les installations d'épuration d'huile, etc.

L'auteur a pensé, sans doute, qu'un tel ouvrage ne demandait aucune explication; il a supprimé tout texte et toute préface. Nous partageons cette manière de voir, mais regrettons toutefois qu'il n'y ait pas une courte introduction indiquant au lecteur le plan général de ce livre; elle aurait, croyons-nous, sa raison d'être.

Ce travail est, d'ailleurs, très bien présenté; les planches sont soignées et très faciles à suivre; les symboles de représentation exposés au début sont scrupuleusement conservés dans tout le reste de l'ouvrage, ce qui contribue beaucoup à la clarté des schémas. Nous ne doutons pas qu'il rende de nombreux services au technicien en constituant pour lui un aide-mémoire un peu spécial. — B. E.

Bibliographie : Vade-Mecum de l'inventeur (777 inventions à réaliser de haute importance industrielle), par Edwin W. Ligginson, patent Attorney près l'Institut fédéral américain de Propriété industrielle; traduction française de J. Rousset, ingénieur civil. Bibliothèque des Monographies techniques fondée et publiée sous la direction de J. Rousset (1). — Les ouvrages du genre de celui-ci sont nombreux en Amérique et c'est le plus récent d'entre eux que l'auteur présente au public français, sous une forme et dans une rédaction un peu différentes du livre original, de façon à constituer un répertoire très bien ordonné, très facile à consulter et très net dans ses descriptions.

Il est consacré non seulement aux inventions industrielles, mais aussi aux suggestions concernant les choses domestiques et ménagères, car l'exploitation de telles inventions est forcément industrialisée. Par contre, voulant demeurer constamment pratique, le traducteur a éliminé de sa collection certaines découvertes à réaliser du domaine de la science pure, qui ne sont pas à la portée de celui qu'on nomme ordinairement l'inventeur. Comme nous l'avons dit, le présent travail est plutôt une version libre de l'original qu'une véritable traduction. C'est ainsi que les indications bibliographiques, guidant le lecteur pour une étude plus approfondie de telle ou telle question, ont été toutes modifiées de façon à se référer à des publications françaises.

Nous reproduisons ci-dessous les titres des 13 chapitres pour donner une idée d'ensemble des sujets traités : I. Nos aliments. Industries alimentaires. Conserves. Boissons. Appareillage de cuisine. — II. Nos vêtements. Filature et tissage. Apprêts divers. Confection. — III. La Maison. Construction et aménagement. Mobilier. Chauffage et éclairage. — IV. Les transports. Voitures et bandages. Automobile et bicyclette. Railways. Aviation. Navigation. — V. Moteurs. Mécanique. Electricité. Transmission. Outillage, etc. — VI. Mines et métallurgie. — VII. Construction. Travail des matériaux divers. Travaux publics. — VIII. Chimie. Synthèses à réaliser. Fabrications à perfectionner. Appareillage. — IX. Agriculture. Culture. Récolte. Industries agricoles. — X. Impression et traçage. Imprimerie. Machines à écrire. Appareillage commercial. — XI. Hygiène. Procédés et accessoires de toilette. Sports. Jeux et jouets. — XII. La guerre. L'attaque. La défense. La guerre navale. — XIII. Cinématographe. Photographie. Télégraphie. Phonographie. — De la méthode dans l'invention. — B. C.

Bibliographie : Einstein ou Euclide, par Maurice Sauger, ingénieur topographe (2). — Malgré son titre qui semblerait indiquer la nécessité de choisir entre l'une ou l'autre des théories de ces savants, cette petite brochure est écrite en vue de montrer que les travaux d'Einstein ont permis de se rendre compte de certaines déformations dont on a découvert les lois, de trouver que les trajectoires des corps dans un champ s'opèrent suivant certaines courbes bien déterminées et, enfin, que la marche des horloges était modifiée suivant certaines formules maintenant connues, mais que ce sont là des faits dont on pouvait se douter et qui ne portent en rien atteinte à l'édifice géométrique classique.

L'auteur donne, dans cette petite étude sur les fondements géométriques de la relativité, la démonstration du postulatum d'Euclide, sollicitant la critique des mathématiciens et disposé à rectifier immédiatement son jugement s'il lui est signalé inexact.

En résumé, il pense que l'appui mutuel que se prêtent les mathématiques et la physique ne permet pas de passer de l'un à l'autre de ces domaines aussi facilement qu'on le fait parfois, au point de paraître les confondre et de provoquer des conceptions, sans doute très hardies, mais nullement démontrées. — B. E.

(1) Un volume, format 22 cm × 14 cm, de VIII-259 pages, édité par la librairie scientifique et industrielle Desforges, 29, quai des Grands-Augustins. Prix : broché, 12 fr.

(2) Une brochure, format 18 cm × 12 cm, 21 pages, édité par « Les Presses universitaires de France », 19, boulevard Saint-Michel, Paris (V^e^). Prix : 2,50 fr.

Digitized by Google

SECTION SCIENTIFIQUE & TECHNIQUE

Influence du déphasage sur le fonctionnement des commutatrices

Cette note a pour but d'indiquer : 1° comment varient la puissance et le rendement des commutatrices en fonction du facteur de puissance, qui peut être modifié par variation de la tension d'alimentation, de l'excitation ou de la charge de la machine ; 2° d'examiner la possibilité d'améliorer le facteur de puissance d'un réseau de distribution sur lequel sont branchées des commutatrices en les surexcitant, ce qui n'est pratiquement possible que lorsque celles-ci fonctionnent à très faible charge, et 3° d'indiquer comment peut être tarifée l'énergie réactive ainsi fournie au réseau par ces machines.

I. **Exposé de la question.** — L'amélioration du facteur de puissance des réseaux de distribution et la tarification de l'énergie réactive sont des questions qui ont été fréquemment traitées au cours des dernières années. Nous citerons, pour ne parler que des plus récents travaux publiés dans le « Bulletin de la Société française des Electriciens » et la « Revue générale de l'Electricité », les articles de MM. Boucherot (1), Barjeton et Genkin (2), Dumartin (3), Iliovici (4), Léauté (5), Maurice Leblanc (6), Michon (7), Misserey (8), Picou (9), Rechniewski (10), Rieunier (11), Scoumanne (12), Varret (13), etc... La question a été spécialement traitée dans le dernier Congrès de l'Union des Usines d'électricité allemandes.

Pour améliorer le facteur de puissance d'un réseau de distribution, rendu mauvais surtout par la présence de moteurs d'induction fonctionnant à faible charge, on peut produire un déphasage en avant soit à l'aide de condensateurs statiques ou de compensateurs de phase, soit à l'aide de moteurs synchrones surexcités, destinés à fournir le courant magnétisant nécessaire aux divers appareils d'utilisation, moteurs et transformateurs, branchés sur le réseau.

On est naturellement conduit à étendre l'emploi des moteurs synchrones surexcités aux commutatrices, qui jouissent de la même propriété de pouvoir, grâce à un supplément d'excitation, produire sur le réseau qui les alimente un déphasage en avant du courant sur la tension. Nous allons montrer, en étudiant le fonctionnement des commutatrices avec des déphasages importants, que l'on ne peut obtenir un résultat appréciable qu'en utilisant ces machines, du côté continu, à une fraction faible de leur puissance nominale et au prix d'une diminution importante du rendement ; il en résulte un supplément de consommation d'énergie réelle dont on peut tenir compte en fonction du déphasage produit.

Les caractéristiques d'une commutatrice sont toujours données par le constructeur en supposant que l'excitation est réglée de manière à obtenir un déphasage nul entre la tension et l'intensité dans le circuit d'alimentation ; c'est dans ces conditions que sont indiqués la puissance nominale et le rendement. En réalité, les commutatrices, particulièrement celles des sous-stations de traction qui supportent des charges très rapidement variables, ne fonctionnent jamais rigoureusement dans ces conditions.

En régime rapidement variable, l'excitation ne peut être réglée pour donner constamment un déphasage nul, mais elle peut l'être de manière à obtenir un facteur de puissance égal à l'unité pour une charge voisine de la charge moyenne. En pratique, ce réglage est rarement fait dans de bonnes conditions, soit par négligence ou manque d'appareils de contrôle, soit intentionnellement pour obtenir, en surexcitant la machine, un déphasage en avant sur le réseau de distribution ou une augmentation de la tension du côté continu.

L'insuffisance d'excitation est défavorable aussi bien au client qu'au fournisseur d'énergie, car elle donne lieu à une diminution de la puissance utile et du rendement de la machine et à un déphasage en arrière du

(1) *Bulletin de la Société française des Electriciens*, décembre 1917 ; *R. G. E.*, 19 janvier 1918, t. III, p. 83 ; 26 mars 1921, t. IX, p. 426.
(2) *R. G. E.*, 18 décembre 1920, t. VIII, p. 853 ; 5 et 19 février 1921, t. IX, p. 187 ; 27 août 1921, t. X, p. 257.
(3) *R. G. E.*, 15 mai 1920, t. VII, p. 643.
(4) *Bulletin de la Société française des Electriciens*, mai 1918 ; *R. G. E.*, 9 mars 1918, t. III, p. 349 ; 27 juillet 1918, t. IV, p. 102.
(5) *Bulletin de la Société française des Electriciens*, avril 1918 ; *R. G. E.*, 10 août 1918, t. IV, p. 179.
(6) *Bulletin de la Société française des Electriciens*, janvier 1922.
(7) *R. G. E.*, 7 août 1920, t. VIII, p. 185.
(8) *R. G. E.*, 8 avril 1922, t. XI, p. 497.
(9) *R. G. E.*, 30 mars 1918, t. III, p. 459.
(10) *Bulletin de la Société française des Electriciens*, janvier 1918 ; *R. G. E.*, 9 mars 1918, t. III, p. 347.
(11) *R. G. E.*, 23 novembre 1918, t. IV, p. 771 ; 4 janvier 1919, t. V, p. 3 ; 29 mai et 5 juin 1920, t. VII, p. 715 et 733.
(12) *R. G. E.*, 9 et 23 février 1918, t. III, p. 211 et 281 ; 1 et 8 janvier 1921, t. IX, p. 14 et 37 ; 27 août 1921, t. X, p. 259.
(13) *R. G. E.*, 22 octobre 1921, t. X, p. 551.

Digitized by Google

courant sur la tension dans le réseau de distribution; un excès d'excitation, défavorable au client pour les mêmes questions de puissance et de rendement, peut, au contraire, être utile au fournisseur, en améliorant le facteur de puissance de son réseau, et il est juste alors que le client, s'il achète l'énergie en haute tension, comme cela tend à devenir le cas général, soit dédommagé par un rabais sur la quantité d'énergie réelle absorbée. Si, au contraire, le producteur de courant à haute tension transforme lui-même celui-ci en courant continu et le vend sous cette forme, il peut avoir, jusqu'à un certain point, avantage à sacrifier la puissance disponible et le rendement de la sous-station, pour améliorer le facteur de puissance de son réseau de distribution.

II. **Influence du déphasage sur la puissance des commutatrices.** — Les commutatrices ont ceci de particulier que l'induit est parcouru par un courant résultant de la superposition du courant alternatif venant du circuit d'alimentation et du courant produit par la rotation de l'induit dans le champ inducteur; ce dernier courant, redressé par le collecteur, est utilisé dans le circuit alimenté par la commutatrice.

Il en résulte, au point de vue de la quantité de chaleur dégagée dans l'induit, la conséquence suivante : le rapport entre la valeur efficace de l'intensité du courant circulant dans l'induit à l'intensité du courant débité du côté continu dépend du nombre de phases de la commutatrice, de la dimension relative des épanouissements polaires par rapport au pas polaire (c'est-à-dire de la forme du champ à la périphérie de l'induit) et du facteur de puissance du circuit d'alimentation; la quantité de chaleur dégagée dans l'induit et, par suite, la puissance de la commutatrice, dépendent des mêmes éléments (1).

Nous adopterons pour nos calculs les notations suivantes :

I_a représentera la valeur efficace du courant alternatif dans une phase du circuit d'alimentation; φ, le déphasage du courant sur la tension dans le circuit d'alimentation; I_c, l'intensité du courant continu dans une moitié de l'induit; n, le nombre de phases de la commutatrice; α, un coefficient de correction tenant compte de la largeur des épanouissements polaires; Q_c, les pertes par effet Joule dans l'induit de la machine fonctionnant en commutatrice; Q_d, les mêmes pertes pour la machine fonctionnant en dynamo pour un même courant débité du côté continu; P_c, la puissance de la machine fonctionnant en commutatrice; P_d, la puissance de la machine fonctionnant en dynamo pour un même échauffement de l'induit.

Nous pouvons alors écrire les relations suivantes qui existent entre ces différentes quantités (2), en supposant la tension alternative sinusoïdale (1)

$$k = \frac{I_a}{I_c} = \frac{\sqrt{2}}{n\,\alpha\cos\varphi\,\sin\frac{\pi}{n}}$$

$$m = \frac{Q_c}{Q_d} = \frac{8}{n^2\alpha^2\cos^2\varphi\,\sin^2\frac{\pi}{n}} - \frac{16}{\alpha\,\pi^2} + 1$$

$$p = \frac{P_c}{P_d} = \sqrt{\frac{1}{m}}.$$

Pour une commutatrice hexaphasée avec un épanouissement polaire égal aux deux tiers du pas polaire, ce qui est le cas général, on a

$$n = 6; \qquad \alpha = 1{,}07;$$

$$k = \frac{0{,}44}{\cos\varphi}; \qquad m = \frac{0{,}78}{\cos^2\varphi} - 0{,}51.$$

On en déduit, en fonction du facteur de puissance, les différentes valeurs des coefficients envisagés qui sont :

k, le rapport de l'intensité efficace alternative à l'intensité du courant continu dans l'induit; m, le rapport entre les pertes par effet Joule dans l'induit pour la machine fonctionnant respectivement en commutatrice et en dynamo et débitant une même intensité du côté continu; enfin p, le rapport entre la puissance de la machine fonctionnant respectivement en commutatrice et en dynamo pour un même échauffement de l'induit.

Ces valeurs sont indiquées par le tableau I.

Tableau I.

cos φ	k	m	p
1	0,44	0,27	1,925
0,9	0,49	0,45	1,49
0,8	0,55	0,71	1,19
0,72	0,61	1	1
0,7	0,63	1,08	0,965
0,6	0,735	1,66	0,775
0,5	0,88	2,61	0,62

Ces chiffres mettent en relief le fait bien connu que la puissance d'une commutatrice hexaphasée fonctionnant avec cos $\varphi = 1$ est, à égalité d'échauffement de l'induit, près du double de la puissance de la même machine fonctionnant en dynamo.

Si cos φ descend à 0,72, les deux marches sont équivalentes; pour un déphasage plus grand encore, la puissance de la machine fonctionnant en commutatrice

(1) P. Janet. *Leçons d'Electrotechnique générale.*

(2) Boucherot. *Calcul des alternateurs, transformateurs et alternateurs.*

(1) Dans le cas contraire, ces formules s'appliquent au terme fondamental de la tension développée en série de Fourier.

Digitized by Google

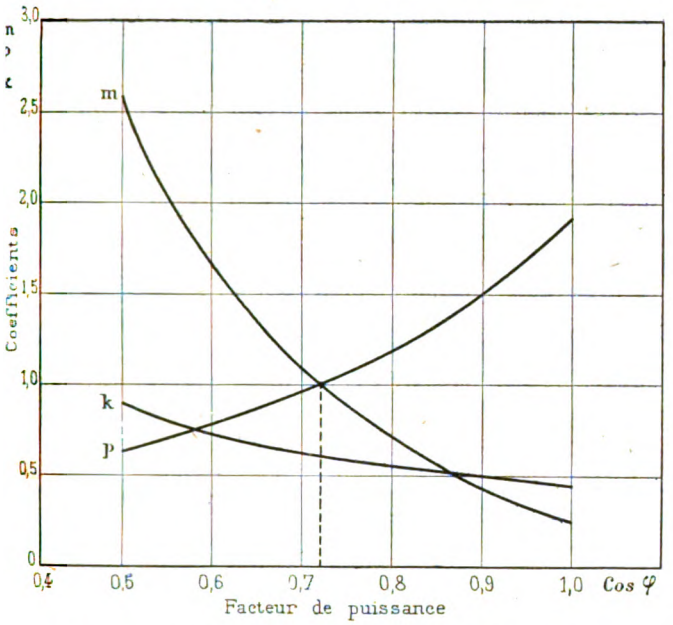


Fig. 1. — Courbes donnant les coeflicients k, m et p en fonction du facteur de puissance.

devient inférieure à celle de la même machine fonctionnant en dynamo.

cos $\varphi = 1$ se répartissent de la façon suivante, qui correspond à un rendement global de 95 pour 100 (1) : 1,5 pour 100 par effet Joule dans les circuits parcourus par le courant principal; 0,5 pour 100 par effet Joule dans les circuits parcourus par le courant d'excitation shunt; 3,0 pour 100 par hystérésis, courants de Foucault, frottements, ventilation, etc.

Nous admettrons que ces dernières pertes sont indépendantes de la charge et du déphasage, la tension étant supposée maintenue constante aux bagues.

Quant aux pertes dans le circuit d'excitation shunt (rhéostat et bobines inductrices), elles sont, à tension constante, proportionnelles au courant d'excitation, que nous calculerons pour les différentes charges et les différentes valeurs du facteur de puissance en utilisant la courbe en V des commutatrices considérées comme moteurs synchrones.

On sait qu'à puissance et à tension constantes l'intensité du courant alternatif d'alimentation est donnée, en fonction du courant d'excitation, par une courbe telle que celle indiquée figure 2 ; l'intensité du courant d'excitation correspondant au minimum de la courbe est celle qui donne, pour la puissance considérée, un déphasage nul. Nous admettrons que cette intensité est la même à toutes charges et que les fuites restent les mêmes quel que soit le déphasage (2).

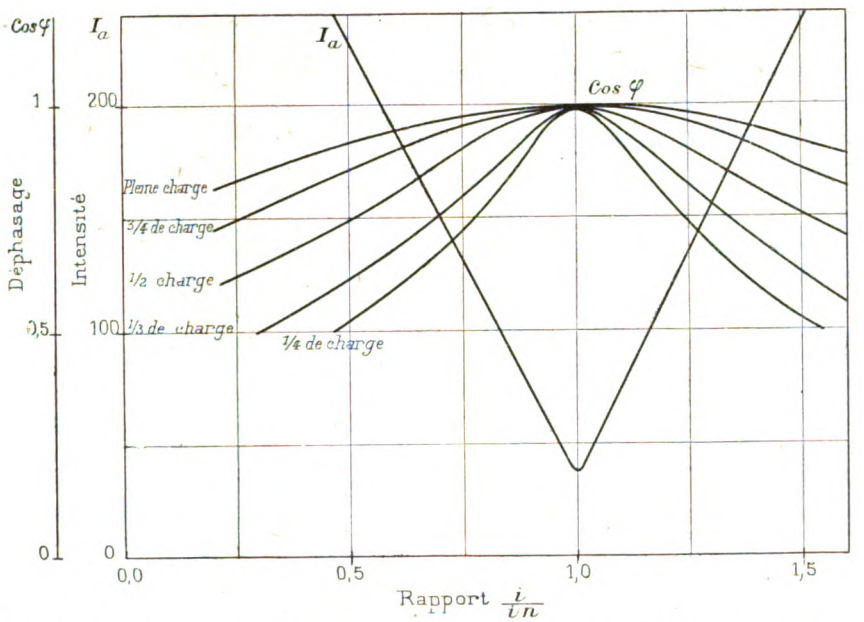


Fig. 2. — Courbes de l'intensité du courant (côté alternatif) et du facteur de puissance en fonction du courant d'excitation.

Ces résultats sont exprimés graphiquement par la figure 1 qui donne les courbes de k, m et p en fonction de cos φ.

III. **Influence du déphasage sur le rendement des commutatrices.** — Pour étudier l'influence du déphasage sur le rendement des commutatrices, nous supposerons que les pertes à pleine charge pour

(1) D'après les essais effectués sur une commutatrice hexaphasée moderne de 700 kw à excitation shunt.

(2) En réalité, le courant d'excitation correspondant au minimum de la courbe en V décroît avec la charge jusqu'à une certaine valeur de celle-ci, puis croît à nouveau ; en pratique, ces valeurs sont d'ailleurs comprises dans des limites assez étroites. David. *Essais des machines électriques*. — L'approximation que nous faisons est d'autant plus justifiée que la détermination du courant d'excitation correspondant au minimum des courbes en V en charge est peu précise.

Digitized by Google

Ces hypothèses permettent de déduire, de la courbe en V d'une commutatrice fonctionnant comme moteur synchrone à vide, les valeurs approximatives du facteur de puissance à différentes charges (1) en fonction de l'intensité d'excitation par rapport à celle qui donne un déphasage nul (fig. 2).

Le tableau II donne, *dans ces conditions*, les valeurs du rendement à différentes charges en fonction du

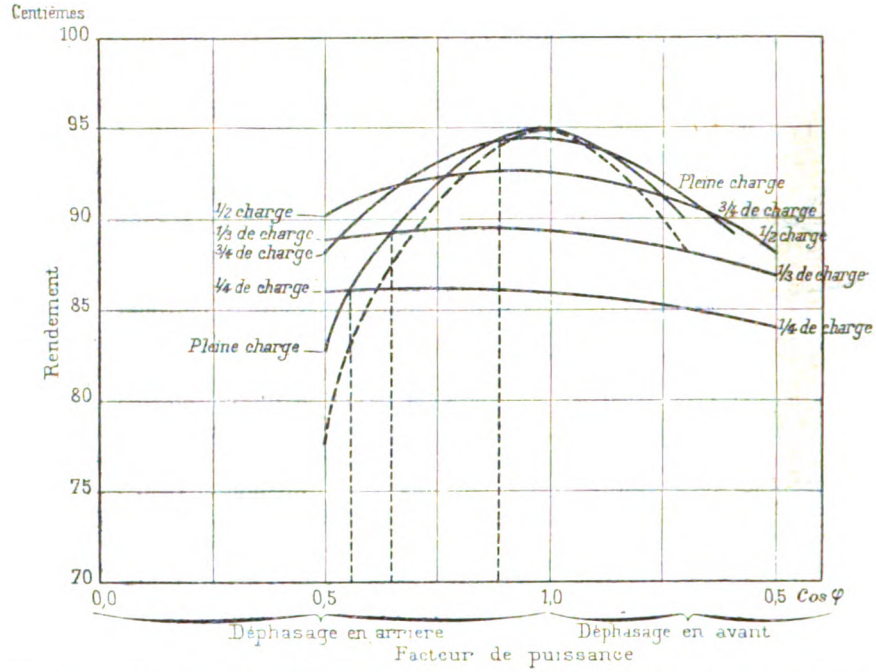


Fig. 3. -- Courbes du rendement en fonction du facteur de puissance pour diverses charges de la commutatrice.

déphasage en arrière et en avant du courant sur la tension dans le circuit d'alimentation, et la figure 3 est la représentation graphique de ces résultats (2).

Tableau II.

cos φ		RENDEMENT EN CENTIÈMES				
		pleine charge	3/4 de charge	1/2 de charge	1/3 de charge	1/4 de charge
Déphasage en avant	0,5			87,9	86,8	83,9
	0,6		89,3	89,7	87,7	84,6
	0,7	89,9	91,3	90,8	88,2	85
	0,8	92,1	92,7	91,5	88,7	85,4
	0,9	93,7	93,7	92,1	89	85,7
	1	95	94,5	92,6	89,3	85,9
Déphasage en arrière	0,9	94,3	94,2	92,6	89,4	86
	0,8	93	93,5	92,4	89,5	86,1
	0,7	91	92,5	92	89,4	86,2
	0,6	87,8	90,8	91,3	89,2	86,2
	0,5	82,5	87,8	90,1	88,9	86,1

(1) Dans le cas des commutatrices compoundées, l'excitation série donne lieu elle-même à une variation du déphasage en fonction de la charge.

(2) Les pertes dans l'excitation shunt ont été obtenues par extrapolation des courbes de la figure 2 pour des déphasages importants à forte charge; mais, dans ces conditions, les pertes par effet Joule dans le circuit dérivé sont très faibles par rapport aux pertes dans l'induit.

On voit que le déphasage a une grande influence sur le rendement des commutatrices, surtout à fortes charges. Pour des facteurs de puissance faibles, le rendement est plus élevé aux faibles charges, exprimées en puissance disponible du côté continu, qu'aux fortes charges, en raison de l'importance du courant magnétisant qui traverse l'induit dans ce cas.

Les courbes de la figure 3 montrent que, dans le cas du déphasage en arrière, le rendement à pleine charge est sensiblement égal au rendement à :

3/4 de charge pour cos φ = 0,90 ;
1/2 de charge pour cos φ = 0,75 ;
1/3 de charge pour cos φ = 0,65 ;
1/4 de charge pour cos φ = 0,55.

En-dessous de ces valeurs du facteur de puissance, les rendements à 3/4, 1/2, 1/3 et 1/4 de charge sont respectivement plus élevés que le rendement à pleine charge.

Conclusions. — Il résulte de ce qui précède que, lorsqu'on doit utiliser une commutatrice à des charges voisines de la pleine charge, le réglage de l'excitation doit être fait avec un soin particulier, de manière que le facteur de puissance soit aussi voisin que possible de l'unité, tant pour éviter un échauffement dangereux de l'induit que pour obtenir un bon rendement de la machine.

Pour une machine fonctionnant à très faible charge

Digitized by Google

constante, le réglage du facteur de puissance a peu d'importance pour le fonctionnement de la machine elle-même ; en effet, l'influence du déphasage sur le rendement de la commutatrice est faible dans ces conditions et la réduction de la puissance que peut fournir la machine du côté continu du fait d'un déphasage important ne présente pas d'inconvénient puisque la commutatrice est très loin de sa pleine charge (pour $\cos\varphi = 0{,}5$, la machine fournissant du côté continu 1/4 de sa puissance nominale fonctionne en réalité, au point de vue de l'échauffement de l'induit, à 40 pour 100 de sa pleine charge).

On peut même avoir intérêt pour les faibles charges, eu égard au rendement de la commutatrice, à faire fonctionner celle-ci avec un déphasage en arrière notable, c'est-à-dire à augmenter les pertes par effet Joule dans l'induit pour réduire celles dans les inducteurs. C'est le cas de la commutatrice dont les caractéristiques ont servi de base à cette étude lorsqu'elle fonctionne à 1/4 ou 1/3 de charge, les pertes dans l'induit, même à pleine charge, étant faibles par rapport aux pertes fixes. S'il n'en était pas ainsi, le déplacement du point de rendement maximum vers les faibles valeurs de $\cos\varphi$ serait moins sensible, mais, d'autre part, les courbes de rendement en fonction du déphasage seraient plus plongeantes, l'influence relative des pertes dans l'induit étant plus importante (1).

Pour les commutatrices fonctionnant à des charges très variables, comme c'est le cas de celles qui alimentent un réseau de traction, on a intérêt à régler l'excitation de manière à obtenir un déphasage nul pour une charge notablement supérieure à la moyenne, de façon à éviter une trop forte intensité dans l'induit au moment des pointes et à obtenir le rendement moyen optimum ; le facteur de puissance varie d'ailleurs peu avec la charge tant que celle-ci n'est pas très faible lorsque l'excitation a été réglée de façon à donner un déphasage sensiblement nul au moment des fortes charges.

Le problème se pose d'une façon analogue pour les transformateurs alimentant les commutatrices ; c'est, d'ailleurs, sur l'ensemble de la sous-station et non sur la commutatrice seule que se font les mesures pour le réglage de l'excitation ; la variation du rendement du transformateur en fonction du déphasage a peu d'influence sur le rendement global de la sous-station, les pertes dans cet appareil étant peu importantes par rapport à celles dans la commutatrice qu'il alimente, mais il faut noter qu'il introduit par lui-même un retard de l'intensité sur la tension.

IV. Utilisation des commutatrices pour la production du courant magnétisant.

— Les conclusions que nous avons tirées du fonctionnement des commutatrices avec des facteurs de puissance très différents de l'unité montrent, en particulier, qu'on ne peut songer à produire un déphasage en avant important sur le réseau d'alimentation qu'en utilisant ces machines, du côté continu, assez loin de leur puissance maximum et, de toutes façons, qu'en diminuant très notablement le rendement.

Supposons, par exemple, que nous voulions obtenir un déphasage en avant tel que $\cos\varphi = 0{,}7$. A égalité d'échauffement de l'induit, la commutatrice ne pourra fournir, dans ces conditions à pleine charge, que la moitié de la puissance qu'elle pourrait donner pour $\cos\varphi = 1$; si la machine fonctionne, dans les deux cas, à moitié de la puissance nominale du côté continu, le rendement, qui était de 92,6 pour 100 pour $\cos\varphi = 1$, passe à 90,8 pour 100 pour $\cos\varphi = 0{,}7$; les pertes passent donc de 8 à 10,2 pour 100 de la puissance utilisable. Si, au contraire, la commutatrice est utilisée à pleine charge pour $\cos\varphi = 1$, soit avec rendement de 95 pour 100, il est nécessaire de faire fonctionner deux commutatrices en parallèle à 1/2 charge et les pertes passent de 5,3 à 10,2 pour 100.

Dans cette marche à fort déphasage en avant, la charge est, d'ailleurs, limitée non seulement par l'échauffement de l'induit, mais plus rapidement encore par la capacité de surcharge des inducteurs, le supplément d'excitation à fournir, comme le montrent les courbes de la figure 2, étant très important. Pour une commutatrice fonctionnant, comme dans le cas examiné ci-dessus, à 1/2 charge nominale du côté continu, il serait supérieur à 50 pour 100 pour $\cos\varphi = 0{,}7$; à 1/4 de charge, il ne serait que de 20 pour 100 (1).

On ne pourra donc guère, dans la pratique, pour obtenir un tel déphasage, fonctionner bien au delà du 1/4 de charge pour le côté continu, ni réaliser un déphasage notablement plus important, à moins de marcher presque à vide, et à condition de ne pas employer de commutatrices compound, pour lesquelles les ampères-tours de l'excitation série seraient négligeables à de si faibles charges et devraient être remplacés par des ampères-tours de l'excitation shunt.

Supposons donc qu'il existe sur un réseau de distribution une sous-station équipée avec des commutatrices dont la puissance installée soit suffisamment grande par rapport à la puissance utilisée pour permettre de fournir au réseau un courant magnétisant appréciable. Si le client qui exploite la sous-station achète l'énergie sous la forme haute tension, le fournisseur d'énergie devra tout au moins le dédommager de la perte qu'il subit du fait de la réduction du rendement des machines, sans parler des frais supplémentaires pouvant résulter de la mise en service d'unités plus nombreuses et de la fatigue du matériel consécutif à la surcharge des enroulements.

Admettons que le client paye l'énergie sous la forme simple $E\,I\cos\varphi$.

(1) Nous donnons en figure 3, en tracé pointillé, la courbe de rendement à pleine charge en fonction du déphasage pour une commutatrice dont les pertes à pleine charge, pour $\cos\varphi = 1$, se répartissent de la façon suivante : 2 pour 100 par effet Joule dans les circuits parcourus par le courant principal ; 0,5 pour 100 par effet Joule dans l'excitation shunt ; 2,5 pour 100 par hystérésis, frottements, ventilation, etc.

(1) Il faut, en outre, tenir compte du déphasage introduit par le transformateur.

Digitized by Google

Pour une même puissance P utilisée du côté continu (1), il consommerait, pour le déphasage cos φ_m correspondant au rendement maximum ρ_m,

$$(1) \qquad \frac{P}{\rho_m} = EI_m \cos \varphi_m.$$

Pour le déphasage cos φ, demandé par le fournisseur, la consommation s'élèvera à

$$(2) \qquad \frac{P}{\rho_\varphi} = EI_\varphi \cos \varphi.$$

L'énergie réelle consommée en plus pendant l'unité de temps sera donc

$$\frac{P}{\rho_\varphi} - \frac{P}{\rho_m} = E(I_\varphi \cos \varphi - I_m \cos \varphi_m),$$

soit

$$(3) \qquad \frac{P}{\rho_\varphi}\left(1 - \frac{\rho_\varphi}{\rho_m}\right) = EI_\varphi \cos \varphi \left(1 - \frac{\rho_\varphi}{\rho_m}\right).$$

Elle est exprimée, dans le premier terme, en fraction de l'énergie réelle consommée et, dans le deuxième terme, sous la forme d'une fonction sinusoïdale de l'angle de déphasage affectant les volts-ampères absorbés, soit, d'une part

$$(4) \qquad \frac{P}{\rho_\varphi} \times \psi(\varphi),$$

et, d'autre part,

$$(5) \qquad EI_\varphi \times f(\varphi).$$

En tenant compte des valeurs des rendements indiqués au tableau II, nous obtenons les valeurs suivantes des fonctions

$$\psi(\varphi) = \left(1 - \frac{\rho_\varphi}{\rho_m}\right) \quad \text{et} \quad f(\varphi) = \cos \varphi \left(1 - \frac{\rho_\varphi}{\rho_m}\right)$$

pour des déphasages en avant jusqu'à 60° (cos = 0,5) et pour une commutatrice fournissant, du côté continu, des puissances égales à 1/2, 1/3 et 1/4 de sa puissance nominale :

Tableau III.

$\varphi°$	cos φ	tg φ	tg$^2\varphi$	$100\left(1 - \frac{\rho_\varphi}{\rho_m}\right)$			$100 \cos \varphi \left(1 - \frac{\rho_\varphi}{\rho_m}\right)$		
				1/2 charge	1/3 charge	1/4 charge	1/2 charge	1/3 charge	1/4 charge
10	0,985	0,176	0,031	0,11	0,22	0,41	0,11	0,22	0,40
20	0,940	0,364	0,133	0,22	0,33	0,58	0,21	0,31	0,55
30	0,866	0,577	0,333	0,65	0,56	0,81	0,56	0,48	0,70
40	0,766	0,839	0,705	1,40	0,89	1,10	1,07	0,68	0,85
45	0,707	1,000	1,000	1,94	1,29	1,30	1,37	0,91	0,92
50	0,643	1,192	1,420	2,59	1,68	1,62	1,66	1,08	1,04
55	0,574	1,428	2,030	3,56	2,24	2,09	2,05	1,29	1,17
60	0,500	1,732	3,000	5,08	2,92	2,68	2,54	1,46	1,34

Les valeurs de la fonction $\psi(\varphi)$ représentent la fraction de l'énergie réelle $EI \cos \varphi$ (2) consommée par le client et qui doit lui être « ristournée » pour que la marche avec déphasage en avant de ses commutatrices ne soit pas onéreuse par rapport à la marche qui donne le rendement optimum ; les valeurs de la fonction $f(\varphi)$ représentent le coefficient variable en fonction de l'angle de déphasage qui doit être appliqué aux volts-ampères EI absorbés par le client pour mesurer une quantité qui doit lui être ristournée dans le même but.

Les courbes des figures 4 et 5 qui traduisent graphiquement les deux fonctions $\psi(\varphi)$ et $f(\varphi)$ montrent que celles-ci, tout au moins à partir d'un certain déphasage (10° à 20°), sont de la forme tg$^n \varphi$, et approximativement de la forme tg$^2 \varphi$ à 1/2 charge et de la forme tg φ à 1/3 de charge, dans des limites assez larges de déphasage.

On voit, en tout cas, que ces fonctions ne sont pas de la forme sin φ, sauf pour $f(\varphi)$ à très faible charge et pour des déphasages peu importants (par exemple 1/4 de charge, avec φ compris entre 0° et 20°).

Dans les limites où une quantité notable d'énergie doit être défalquée, on ne peut donc le faire sous forme d'énergie réactive $EI \sin \varphi$, par analogie aux pénalisations subies dans certains cas par les clients dont l'installation a un mauvais facteur de puissance ; cela n'a rien de contradictoire, car il s'agit uniquement de pertes d'énergie par suite de la dépréciation du rendement d'une sous-station réceptrice et non des pertes diverses subies par le fournisseur de courant, tant dans l'usine génératrice que dans les lignes de transmission d'énergie et dans les postes de transformation. Nous n'envisageons d'ailleurs pas le cas où la puissance installée doit être accrue pour permettre la marche

(1) Nous ramenons, pour simplifier, toutes les dépenses d'énergie à l'unité de temps.

(2) Par unité de temps.

Digitized by Google

avec déphasage en avant, mais uniquement celui où les machines existantes permettent cette marche.

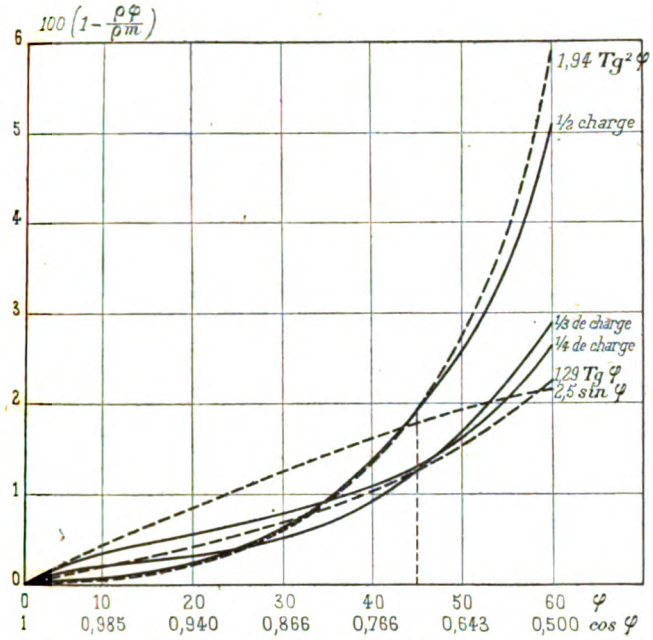


Fig. 4. — Courbes représentatives de la fonction $\psi(\varphi)$ pour différentes valeurs de la charge.

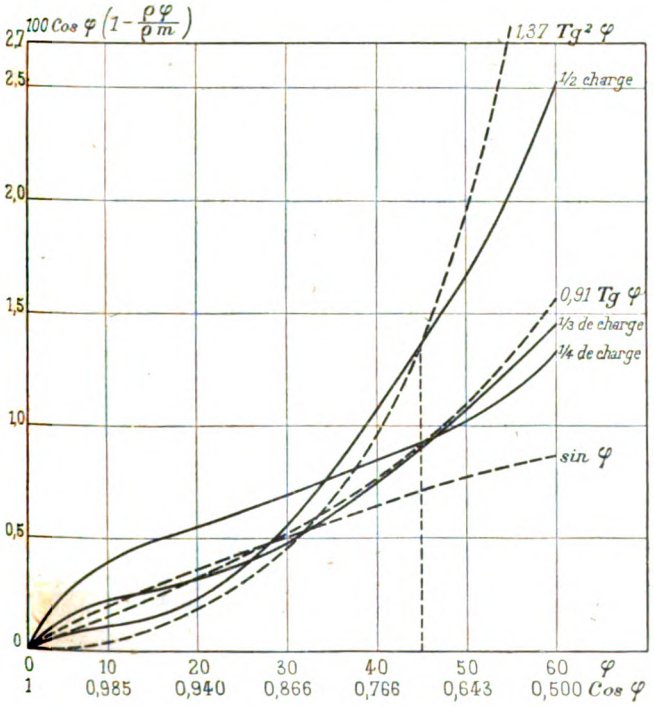


Fig. 5. — Courbes représentant la fonction $F(\varphi)$ pour différentes valeurs de la charge.

Le système de tarification à employer dépend des caractéristiques de la commutatrice et de la charge constante équivalente au point de vue rendement du côté continu (qui diffère d'ailleurs de la charge moyenne comme nous l'avons vu plus haut). Il faut, en outre, tenir compte de la diminution de rendement du transformateur alimentant la commutatrice et du déphasage propre qu'il provoque, ce qui augmente la valeur du supplément d'excitation à donner (1).

C'est ce que nous allons faire, en considérant une commutatrice fournissant, du côté continu, des puissances égales à 1/2 et 1/4 de sa puissance nominale et produisant aux bornes à haute tension du transformateur des déphasages en avant tels que cos φ soit égal à 0,7 et 0,5.

Supposons que le transformateur donne, à pleine charge pour cos φ = 1, son rendement maximum de 98 pour 100 ; nous avons approximativement les valeurs indiquées dans le tableau IV ci-après.

Les fonctions

$$\psi(\varphi) = \left(1 - \frac{\rho^2}{\rho_m}\right) \quad \text{et} \quad f(\varphi) = \cos\varphi\left(1 - \frac{\rho_\varphi}{\rho_m}\right)$$

conservent l'allure générale indiquée dans les figures 4 et 5 pour le cas de la commutatrice seule et sont, par suite, dans des limites assez étendues, de la forme $tg^n\varphi$.

L'expression $100\left(\frac{\rho_m}{\rho_\varphi} - 1\right)$ représente l'augmentation de consommation d'énergie réelle, pour obtenir les facteurs de puissance considérés, en centièmes de l'énergie consommée pour une même charge utile du côté continu, avec le déphasage donnant le rendement maximum. On voit que cette augmentation est loin d'être négligeable puisqu'elle est de l'ordre de 4 à 10 pour 100 dans les limites de fonctionnement considérées.

Conclusions. — Il ressort des chiffres que nous venons d'indiquer que les commutatrices ne peuvent débiter sur le réseau qui les alimente une puissance réactive notable que si elles ne doivent produire, du côté continu, qu'une faible fraction de leur puissance

(1) Nous avons trouvé *pratiquement* les valeurs suivantes du supplément d'excitation à donner pour obtenir un déphasage en avant aux bornes à haute tension du transformateur

cos φ	CHARGE côté continu en centièmes de la charge nominale	SUPPLÉMENT d'excitation à donner en centièmes de la valeur de l'excitation pour cos φ = 1
0,95	80	64
0,95	60	28
0,80	50	30
0,50	20	73

avec une commutatrice shunt, soit environ une fois et demie les valeurs relevées sur les courbes de la figure 2, en envisageant la commutatrice seule.

Digitized by Google

TABLEAU IV.

CHARGE	$\cos\varphi$	RENDEMENT EN CENTIÈMES			$100\left(1-\frac{p_2}{p_m}\right)$	$100\cos\varphi\left(1-\frac{p_2}{p_1}\right)$	$100\left(\frac{p_m}{p_2}-1\right)$
		commutatrice	transformateur	sous-station			
1/2	0,7	89	97	86,5	4,2	2,95	4,4
	0,5	86	96	82,5	8,65	4,32	9,4
1/4 de la charge nominale	0,7	83	95,5	79	4,0	2,80	4,2
	0,5	81,5	95	77,5	6,85	2,82	6,1

nominale (25 pour 100 environ) et qu'il résulte de ce régime de marche un abaissement très notable du rendement de la sous-station.

Le champ d'utilisation des commutatrices pour l'amélioration du facteur de puissance est donc très limité ; la possibilité et l'intérêt de leur emploi dans ce but doivent être examinés dans chaque cas particulier (1).

Remarques. — Il faut bien observer que les chiffres donnés dans les tableaux I, II et III ne sont rigoureux que dans les limites d'application des formules indiquées au paragraphe III et en tenant compte des hypothèses que nous avons faites. Mais ils se rapprochent suffisamment de la vérité pour permettre de se rendre compte du fonctionnement des commutatrices dans les conditions étudiées.

Quant à ceux figurant au tableau IV, ils donnent simplement l'ordre de grandeur de la perte d'énergie résultant des conditions anormales de marche imposées à la commutatrice pour améliorer le facteur de puissance du réseau de distribution.

G. PALANCHON,
Ingénieur à l'Omnium lyonnais.

Sur le calcul de l'attraction des électroaimants

L'auteur, en se basant sur le fait que la formule de MM. Perrot et Picou pour le calcul de l'attraction des électroaimants est vraie lorsqu'elle est étendue à tout le circuit magnétique, montre que son application courante à l'entrefer seul n'est valable que s'il n'y a aucune saturation, sinon elle conduit à des résultats par excès. Bien que le calcul des perméances de l'entrefer et des fuites soit très approximatif, il donne une méthode serrant la réalité de plus près et permettant surtout d'obtenir la forme de la courbe de l'effort en fonction de la cause lorsque s'introduisent la saturation et l'hystérésis.

On sait que la force appliquée à la partie mobile d'un électroaimant, suivant une direction Ox compatible avec ses liaisons, est donnée par la formule établie par MM. Pérot et Picou

$$F = 2\pi (nI)^2 \left(\left| \frac{d\mathcal{P}}{dx} \right| \right),$$

où nI est la somme des ampères-tours disposés sur le circuit magnétique et $\mathcal{P}$, la perméance de ce circuit.

On peut décomposer ce circuit magnétique en deux : une partie qui reste indéformable au point de vue *magnétique*, bien que comportant une portion ou la totalité même de l'armature mobile, dont nous désignerons par $\mathcal{P}_1$ la perméance, et une partie de perméance $\mathcal{P}_2$, constituée principalement par l'entrefer, subissant une déformation magnétique au cours de la marche.

(1) Toutes les données utilisées dans cette étude sont fournies par les essais ordinaires de réception des commutatrices et des transformateurs ; elles sont, par conséquent, connues dans chaque cas particulier.

En supposant, tout d'abord, les fuites négligeables, nous avons la relation

$$\mathcal{P} = \frac{1}{\frac{1}{\mathcal{P}_1} + \frac{1}{\mathcal{P}_2}}.$$

L'attraction prend donc la forme

$$F = 2\pi (nI)^2 \left| \frac{d}{dx} \left(\frac{1}{\frac{1}{\mathcal{P}_1} + \frac{1}{\mathcal{P}_2}} \right) \right|.$$

La perméance $\mathcal{P}_1$ ne dépend pas explicitement de x ; elle en dépend par l'intermédiaire de μ_1 perméabilité de la partie indéformable dont l'état de saturation varie au cours du fonctionnement de l'électroaimant.

$\mathcal{P}_2$ se rapporte principalement, comme nous venons de le dire, à l'entrefer où $\mu = 1$. Dans certains électroplongeurs, la partie déformable comprend aussi du fer, de perméabilité μ_2 fonction de x.

Digitized by Google

En toute rigueur, nous avons donc

$$F=\frac{2\pi(nI)^2}{\left(\frac{1}{\mathcal{R}_1}+\frac{1}{\mathcal{R}_2}\right)^2}\left(\left|\frac{1}{\mathcal{R}_1^2}\frac{d\mathcal{R}_1}{d\mu_1}\frac{d\mu_1}{dx}+\frac{1}{\mathcal{R}_2^2}\left(\frac{\partial\mathcal{R}_2}{\partial\mu_2}\frac{d\mu_2}{dx}+\frac{\partial\mathcal{R}_2}{\partial x}\right)\right|\right).$$

Si nous négligeons, pour l'instant, $\frac{\partial\mathcal{R}_2}{\partial\mu_2}\frac{d\mu_2}{dx}$ qui, lorsqu'il existe, n'intervient pas sensiblement, car il n'intéresse qu'une faible partie du circuit magnétique, il vient

$$F=\frac{2\pi(nI)^2}{\left(\frac{1}{\mathcal{R}_1}+\frac{1}{\mathcal{R}_2}\right)^2}\frac{1}{\mathcal{R}_2^2}\left(\left|\frac{\mathcal{R}_2^2}{\mathcal{R}_1^2}\frac{d\mathcal{R}_1}{dx}+\frac{\partial\mathcal{R}_2}{\partial x}\right|\right),$$

qui peut s'écrire, en introduisant les réluctances correspondantes $\mathcal{R}_1$ et $\mathcal{R}_2$,

$$F=2\pi(nI)^2\left(\frac{\mathcal{R}_2}{\mathcal{R}_1+\mathcal{R}_2}\right)^2\left(\left|\frac{\mathcal{R}_2^2}{\mathcal{R}_1^2}\frac{d\mathcal{R}_1}{dx}+\frac{\partial\mathcal{R}_2}{\partial x}\right|\right). \quad (1)$$

Si nous supposons, d'abord, qu'il n'y a pas saturation de la partie indéformable $\left(\frac{d\mu_1}{dx}=0\right)$, la formule se simplifie et prend la forme

$$F=2\pi\left(\frac{\mathcal{R}_2}{\mathcal{R}_1+\mathcal{R}_2}nI\right)^2\left(\left|\frac{\partial\mathcal{R}_2}{\partial x}\right|\right), \quad (2)$$

qui montre que, dans ce cas, on peut appliquer la formule de Pérot-Picou à l'entrefer *seul* en ne prenant, bien entendu, que la fraction des ampères-tours correspondant à cette partie. C'est ce que l'on peut appeler les ampères-tours actifs ou effectifs par rapport aux ampères-tours totaux.

S'il y avait eu des fuites, en appelant $\mathcal{R}_f$ la réluctance de fuites supposée constante $\left(\frac{d\mathcal{R}_f}{dx}=0\right)$, nous aurions eu

$$F=2\pi\left(\frac{\frac{\mathcal{R}_2\mathcal{R}_f}{\mathcal{R}_2+\mathcal{R}_f}}{\mathcal{R}_1+\frac{\mathcal{R}_2\mathcal{R}_f}{\mathcal{R}_2+\mathcal{R}_f}}nI\right)^2\left(\left|\frac{\partial\mathcal{R}_2}{\partial x}\right|\right),$$

ou, en introduisant le coefficient d'Hopkinson

$$v=\frac{\mathcal{R}_f+\mathcal{R}_2}{\mathcal{R}_f}$$

$$F=2\pi\left(\frac{\mathcal{R}_2}{v\mathcal{R}_1+\mathcal{R}_2}nI\right)^2\left(\left|\frac{\partial\mathcal{R}_2}{\partial x}\right|\right) \quad (2')$$

Les quantités $\frac{\mathcal{R}_2}{\mathcal{R}_1+\mathcal{R}_2}nI$ ou $\frac{\mathcal{R}_2}{v\mathcal{R}_1+\mathcal{R}_2}nI$ peuvent se déterminer facilement.

Soit (fig. 1) C la caractéristique des ampères-tours absorbés par la partie indéformable, en fonction du flux Φ_1 dans cette partie, caractéristique construite à l'aide de la courbe de magnétisme du fer employé.

Soit $OO'=nI_0$ les ampères-tours totaux disposés sur l'électroaimant.

Avec les axes O'O et O'Φ_2 traçons la caractéristique $C'(x_0)$, correspondant à un point déterminé de la course,

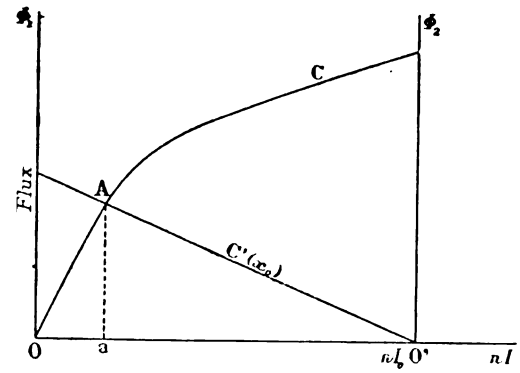


Fig. 1.

des ampères-tours absorbés par la partie déformable en fonction du flux Φ_2 qui la traverse.

En général, les courbes $C'(x)$, qui sont des droites d'après les hypothèses faites, se déduisent facilement les unes des autres lorsque x varie.

Dans le cas où il y a des fuites, il est à remarquer que $\Phi_1=v\Phi_2$. Nous prendrons donc, pour Φ_2, une échelle v fois plus grande que pour Φ_1 de manière que les ordonnées des deux courbes se correspondent, v étant différent pour chaque valeur de x.

Si $\mathcal{E}_1$ et $\mathcal{E}_2$ sont les forces magnétomotrices absorbées respectivement par les deux parties du circuit magnétique avec l'excitation nI_0, nous avons, en vertu de la conservation du flux,

$$\Phi_2=\frac{1}{v}\frac{\mathcal{E}_1}{\mathcal{R}_1}=\frac{\mathcal{E}_2}{\mathcal{R}_2}=\frac{4\pi nI_0}{v\mathcal{R}_1+\mathcal{R}_2},$$

égalité qui nous montre que les ampères-tours effectifs cherchés sont en O'a et le flux utile correspondant Φ_2 est Aa (lu à l'échelle de droite).

Si nous remarquons que $\frac{\partial\mathcal{R}_2}{\partial x}$ n'est fonction que de variables géométriques, c'est-à-dire facile à évaluer, nous voyons qu'il est possible, s'il n'y a pas de saturation, de calculer l'effort d'un électroaimant donné en chaque point de sa course par la formule

$$F_{x=x_0}=2\pi[O'a]^2\left(\left|\frac{\partial\mathcal{R}_2}{\partial x}\right|\right)_{x=x_0}. \quad (2'')$$

Nous allons montrer que, lorsqu'il y a saturation de la partie indéformable, c'est-à-dire lorsque C n'est plus une droite au point A, la formule complète (1) peut s'appliquer à la manière de la formule (2'') à la condition d'y joindre un terme correctif qui peut être

Digitized by Google

très important et dont on ne saurait trop se soucier.

Dans les électroaimants à palette où l'attraction devrait, selon la théorie élémentaire, varier en raison inverse du carré de l'entrefer, il est possible, en s'aidant de la saturation d'après cette remarque, d'avoir une force plus constante. C'est du reste la force initiale et non le travail produit qui importe dans ces appareils, le plus souvent utilisés pour produire des déclanchements. On fait aussi une économie sur le poids.

Reprenons (fig. 2) la construction précédente en supposant les fuites négligeables; nous allons chercher une relation entre

$$\frac{d\mathcal{R}_1}{dx} \quad \text{et} \quad \frac{d\mathcal{R}_2}{dx}.$$

Les angles $\widetilde{AOO'}$ et $\widetilde{OO'A}$ ont respectivement pour tangente, aux échelles près, les perméances $\mathcal{R}_1$ et $\mathcal{R}_2$ que

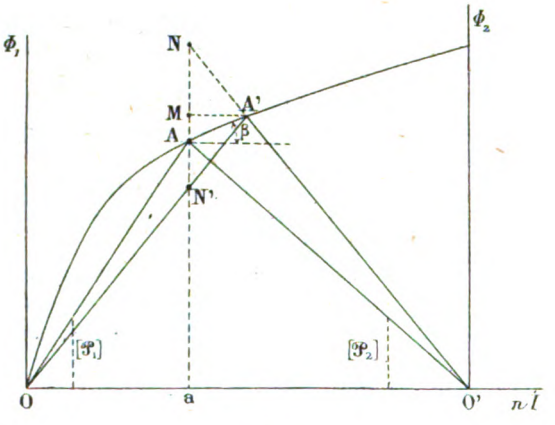


Fig. 2.

nous pouvons désigner par $[\mathcal{R}_1]$ et $[\mathcal{R}_2]$ si nous prenons les valeurs mêmes des tangentes des angles du graphique.

Au cours du déplacement dx de l'armature, $[\mathcal{R}_2]$ aura varié de $d[\mathcal{R}_2]$ et le point A sera venu en A'.

Nous avons

$$AN = O'a\, d[\mathcal{R}_2] = ([\mathcal{R}_2] + \operatorname{tg}\beta)\, A'M,$$

en appelant β l'angle de la tangente en A à la caracté-

$$F = 2\pi \left(\frac{\mathcal{R}_2}{v\mathcal{R}_1 + \mathcal{R}_2} nI\right)^2 \left(1 - \frac{[\mathcal{R}'_2]}{[\mathcal{R}_1]} \frac{[\mathcal{R}_1] - \operatorname{tg}\beta}{[\mathcal{R}_2] + \operatorname{tg}\beta}\right) \left(\left|\frac{\partial \mathcal{R}_2}{\partial x}\right|\right) \qquad (3')$$

ou

$$F_{x=x_0} = 2\pi\,[O'a]^2 \left(1 - \frac{1 - \dfrac{\operatorname{tg}\beta}{[\mathcal{R}_1]}}{1 + \dfrac{\operatorname{tg}\beta}{[\mathcal{R}'_2]}}\right) \left(\left|\frac{\partial \mathcal{R}_2}{\partial x}\right|\right)_{x=x_0}.$$

Ici encore, l'application de la formule se fait rigou-

ristique C de la partie indéformable avec l'horizontale.

De même

$$AN' = -O'a\, d[\mathcal{R}_1] = ([\mathcal{R}_1] - \operatorname{tg}\beta)\, A'M.$$

D'où, en faisant le rapport et en remarquant que $Oa = \dfrac{Aa}{[\mathcal{R}_1]}$ et $O'a = \dfrac{Aa}{[\mathcal{R}_2]}$

$$\frac{[\mathcal{R}_1]}{[\mathcal{R}_2]} \frac{d[\mathcal{R}_2]}{d[\mathcal{R}_1]} = \frac{\mathcal{R}_1}{\mathcal{R}_2} \frac{d\mathcal{R}_2}{d\mathcal{R}_1} = -\frac{[\mathcal{R}_2] + \operatorname{tg}\beta}{[\mathcal{R}_1] - \operatorname{tg}\beta}.$$

D'où nous tirons

$$\frac{d\mathcal{R}_1}{dx} = -\frac{\mathcal{R}_1}{\mathcal{R}_2} \frac{[\mathcal{R}_1] - \operatorname{tg}\beta}{[\mathcal{R}_2] + \operatorname{tg}\beta} \frac{\partial \mathcal{R}_2}{\partial x}.$$

La formule (1) devient donc

$$F = 2\pi \left(\frac{\mathcal{R}_2}{\mathcal{R}_1 + \mathcal{R}_2} nI\right)^2 \left(1 - \frac{[\mathcal{R}_2]}{[\mathcal{R}_1]} \frac{[\mathcal{R}_1] - \operatorname{tg}\beta}{[\mathcal{R}_2] + \operatorname{tg}\beta}\right) \left(\left|\frac{\partial \mathcal{R}_2}{\partial x}\right|\right) \qquad (3)$$

ou mieux encore

$$F_{x=x_0} = 2\pi\,[O'a]^2 \left(1 - \frac{1 - \dfrac{\operatorname{tg}\beta}{[\mathcal{R}_1]}}{1 + \dfrac{\operatorname{tg}\beta}{[\mathcal{R}_2]}}\right) \left(\left|\frac{\partial \mathcal{R}_2}{\partial x}\right|\right)_{x=x_0},$$

où tout, en dehors de $\dfrac{\partial \mathcal{R}_2}{\partial x}$ fonction de variables géométriques seules, est déterminé par le graphique.

Si nous voulons tenir compte des fuites, $\mathcal{R}'_2$ étant la perméance totale de la partie déformable et des fuites, $[\mathcal{R}'_2]$ sera la tangente de l'angle OO'A sur le graphique fait avec des échelles différentes pour les flux, puisque $\mathcal{R}'_2 = v\mathcal{R}_2$.

Or nous avons

$$d\mathcal{R}'_2 = d\mathcal{R}_2,$$

puisque l'on suppose la réluctance de fuite constante. L'équation (3) devient

La relation entre $\dfrac{d\mathcal{R}_1}{dx}$ et $\dfrac{d\mathcal{R}_2}{dx}$ ou $\dfrac{d\mathcal{R}'_2}{dx}$ reste la même; quoique v soit variable, on peut négliger sa variation qui ne porte que sur le second ordre.

reusement de la même façon que lorsqu'il n'y a pas de fuites du moment que l'on a pris les échelles différentes pour les flux.

Enfin, la façon d'appliquer la formule reste la même si on fait intervenir l'hystérésis, la courbe C ne passant plus par le point O (fig. 3).

La détermination des ampères-tours effectifs reste la même, ainsi que le terme correctif, à la condition de

Digitized by Google

prendre pour $[\mathcal{R}_1]$ la tangente de l'angle du rayon vecteur O'A avec l'horizontale, ce qui revient, en somme, à assimiler l'hystérésis à l'existence préalable d'ampères-tours, magnétisants ou démagnétisants.

Cette façon de voir peut conduire à une nouvelle définition de la perméabilité dans un milieu hystérétique.

Il est presque inutile de rappeler que l'on prendra,

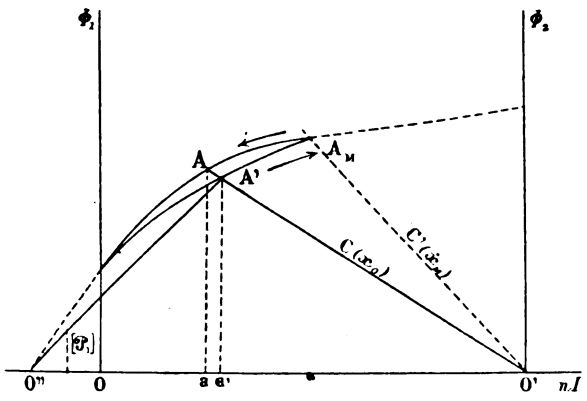


Fig. 3.

comme sommet du cycle, le point A_M correspondant à la courbe C' (x_M) en fin de course.

Il existe deux points A pour une courbe C' (x) déterminée suivant le sens de déplacement de l'armature. Il n'est pas possible de dire quel est celui qui correspond à la plus grande force, car les ampères-tours effectifs et le terme correctif varient presque toujours en sens contraires.

Enfin, la méthode reste encore la même si, l'excitation étant coupée, on veut trouver l'attraction due au magnétisme rémanent. Le point O' se confond alors avec le point O.

Comme exemple typique, prenons le cas du calcul de l'effort d'arrachement de l'armature d'un électro

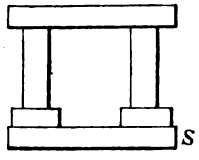


Fig. 4.

aimant en U (fig. 4), cas où l'on a l'habitude d'appliquer la formule de Maxwell

$$F = \frac{\mathcal{B}^2 S}{8\pi},$$

$\mathcal{B}$ étant l'induction dans le fer au voisinage du contact et S, la surface totale du contact. $\mathcal{R}_2$ est très grand, de sorte que C' se confond pratiquement avec O' Φ_2.

L'application de la formule (3) donne

$$F = 2\pi (nI)^2 \left[1 - \left(1 - \frac{\operatorname{tg}\beta}{[\mathcal{R}_1]}\right)\right] \frac{S}{e^2},$$

en appelant e l'entrefer double.

Si nous remplaçons $\frac{4\pi nI}{e}$ par $\mathcal{B}$, e pouvant être aussi petit que nous voulons, il vient

$$F = \frac{\mathcal{B}^2 S}{8\pi} \frac{\operatorname{tg}\beta}{[\mathcal{R}_1]},$$

ce qui montre bien l'influence de la saturation.

Si la section est la même pour tout le circuit magnétique, on peut prendre la courbe de magnétisme elle-même comme courbe C.

L'influence de l'hystérésis est, ici, de rendre la force d'arrachement ou force portante inférieure à l'attraction.

La formule est encore valable pour trouver l'attraction due au magnétisme rémanent seul.

Nous pouvons voir en dernier lieu, pour satisfaire la curiosité du lecteur, ce que devient cette méthode lorsque l'on ne néglige plus le fer de la partie déformable.

Les caractéristiques C' (x) ne sont plus des droites, mais des courbes ordinaires de magnétisme d'un circuit mixte, de forme variable avec x, et qui peuvent ne pas passer par O' s'il y a de l'hystérésis. De plus, s'il y a des fuites, v étant variable avec la position de A, il faudra prendre pour relation entre les échelles des flux la

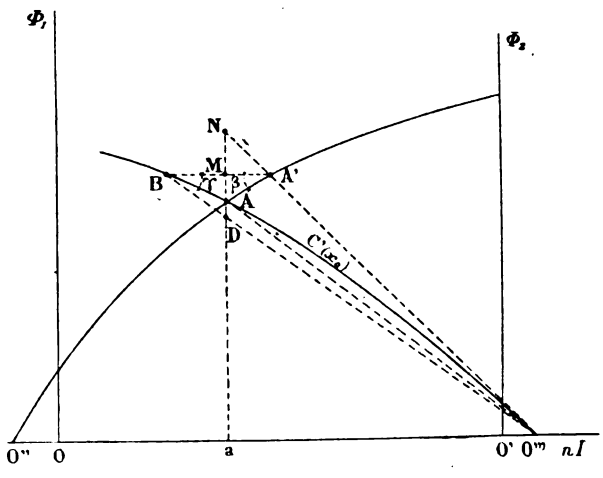


Fig. 5.

valeur correspondant au point A obtenu par approximations successives.

Les formules précédentes restent les mêmes, à la seule condition de remplacer $\frac{\partial \mathcal{L}_2}{\partial x}$ par $\frac{d\mathcal{L}_2}{dx}$. Dans le cas présent $\frac{\partial \mathcal{L}_2}{\partial x}$ est seul calculable, μ y étant supposé constant et pris égal à la valeur correspondant au flux Aa (fig. 5) : le calcul n'offre donc pas plus de difficulté

Digitized by Google

que précédemment. Il ne reste alors qu'à chercher une relation entre ces deux dérivées.

Nous savons que

$$d\mathfrak{L}_2 = \frac{\partial \mathfrak{L}_2}{\partial x} dx + \frac{\partial \mathfrak{L}_2}{\partial \mu} d\mu ;$$

$\frac{\partial \mathfrak{L}_2}{\partial x} dx$ se calcule en supposant μ constant; cela consiste à admettre que la courbe $C'(x_0)$ est la droite O''A qui vient en O'''A' après l'accroissement dx de la variable x. L'accroissement correspondant de la perméance est donc proportionnel à AN, c'est-à-dire à

$$([\mathfrak{L}_2] + \operatorname{tg}\beta)\, A'M.$$

De cette variation de x, il est résulté un accroissement du flux AM.

$\frac{\partial \mathfrak{L}_2}{\partial \mu} d\mu$ se prend à x constant, ce qui veut dire que l'on cherche à produire la même variation de flux en cheminant sur la courbe $C'(x_0)$ de A en B. L'accroissement de la perméance est proportionnel à — AD ou à $-([\mathfrak{L}_2] - \operatorname{tg}\gamma)$ BM, en appelant γ l'angle en A de la tangente à $C'(x_0)$ avec l'horizontale.

$d\mathfrak{L}_2$ est donc proportionnel à AN — AD, ce qui entraîne

$$\frac{d\mathfrak{L}_2}{dx} = \left(1 - \frac{AD}{AN}\right)\frac{\partial \mathfrak{L}_2}{\partial x} = \left(1 - \frac{[\mathfrak{L}_2] - \operatorname{tg}\gamma}{[\mathfrak{L}_2] + \operatorname{tg}\beta}\,\frac{BM}{A'M}\right)\frac{\partial \mathfrak{L}_2}{\partial x},$$

et, comme $\frac{BM}{A'M} = \frac{\operatorname{tg}\beta}{\operatorname{tg}\gamma}$,

$$\frac{d\mathfrak{L}_2}{dx} = \left(1 - \frac{[\mathfrak{L}_2] - \operatorname{tg}\gamma}{[\mathfrak{L}_2] + \operatorname{tg}\beta}\,\frac{\operatorname{tg}\beta}{\operatorname{tg}\gamma}\right)\frac{\partial \mathfrak{L}_2}{\partial x},$$

ou

$$\frac{d\mathfrak{L}_2}{dx} = \left(1 - \frac{1 - \frac{\operatorname{tg}\gamma}{[\mathfrak{L}_2]}}{1 + \frac{\operatorname{tg}\beta}{[\mathfrak{L}_2]}}\,\frac{\operatorname{tg}\beta}{\operatorname{tg}\gamma}\right)\frac{\partial \mathfrak{L}_2}{\partial x}.$$

De sorte que les formules (3) ou (3') deviennent

$$F_{x=x_0} = 2\pi\,[O''a]^2\left(1 - \frac{1 - \frac{\operatorname{tg}\beta}{[\mathfrak{L}_1]}}{1 + \frac{\operatorname{tg}\beta}{[\mathfrak{L}'_2]}}\right)\left(1 - \frac{1 - \frac{\operatorname{tg}\gamma}{[\mathfrak{L}'_2]}}{1 + \frac{\operatorname{tg}\beta}{[\mathfrak{L}'_2]}}\,\frac{\operatorname{tg}\beta}{\operatorname{tg}\gamma}\right)\left(\left|\frac{\partial \mathfrak{L}_2}{\partial x}\right|\right)_{x=x_0}.$$

André Guilbert,
Licencié ès sciences,
Ingénieur E. S. E.

Revues, analyses et informations

L'état actuel de la question des surtensions (1).

La question des surtensions a joué jusqu'à présent, dans l'électrotechnique, un rôle imoprtant, accru de l'insuffisance de nos connaissances sur la nature et les effets des phénomènes mis en jeu. Les nombreux travaux récents ont considérablement éclairci cette question en montrant notamment que les moyens de protection devaient agir surtout sur les causes des surtensions et que l'amplitude de celles-ci n'était pas incompatible avec la sécurité des installations. Le Verband deutscher Elektrotechniker a pu établir des « directives pour la protection des installations électriques contre les surtensions », basées en grande partie sur les conclusions de l'étude résumée ci-après :

Causes et processus des surtensions. — a) *Rupture et fermeture des circuits.* — La rupture ou la fermeture d'un circuit quelconque provoque la naissance de surtensions.

Lors de la mise en circuit d'une ligne, la tension se propage sous forme d'onde à front raide qui, par réflexion à l'extrémité, donne lieu à une surtension dangereuse pour les enroulements des machines ou des transformateurs connectés. Une onde de décharge à front raide se propage en même temps sur le tronçon de ligne déjà sous tension avant cette fermeture.

La mise hors circuit de transformateurs ou de moteurs asynchrones à vide provoque des surtensions importantes dues à l'extinction très rapide de l'arc de rupture dans les interrupteurs à huile. En outre, pour les moteurs asynchrones possédant en raison de leur entrefer une énergie magnétique importante et dont les enroulements forment des circuits susceptibles d'oscillation, il peut se produire des oscillations à haute fréquence de l'arc de rupture.

Le reproche fait aux interrupteurs à huile de provoquer des surtensions en opérant la rupture avant l'instant où l'intensité passe par zéro semble peu fondé. Les phénomènes observés lors de ruptures de courts-circuits doivent être plutôt attribués au dégagement de fumée extérieur rendant l'air plus conducteur.

Le déclanchement brusque de l'interrupteur à côté du haute tension d'un ensemble turbo-alternateur-transformateur travaillant à pleine charge peut provoquer des surtensions dangereuses. L'alternateur débite alors avec l'excitation maximum sur le transformateur à vide, d'où augmentation importante de la saturation du transformateur et déformation sensible de la forme de la courbe de tension. Les harmoniques de fréquence élevée ainsi produits sont dangereux

(1) J. Biermans. *E. T. Z.*, 9-16 mars 1922, t. XLIII, p. 305-309 et 344-349. 15 000 mots, 13 fig.

Digitized by Google

par leur amplitude et les oscillations locales qu'ils peuvent provoquer dans les enroulements.

Lors de la rupture d'une ligne ou d'un câble à vide, il se produit des surtensions du fait que cette rupture a lieu au moment où le courant est nul, c'est-à-dire où la tension est maximum. La ligne se trouvant chargée à cette tension, la différence de potentiel entre les contacts de l'interrupteur est, dans la demi-période suivante, double de la tension normale, ce qui a pour effet de provoquer souvent un réallumage de l'arc de rupture à la suite duquel se produisent les phénomènes de surtension décrits plus haut lors de la mise sous tension d'une ligne, mais aggravés du fait qu'ils ont lieu sous une tension initiale double de la tension normale.

La rupture d'un ou plusieurs des fils d'une ligne de transmission peut provoquer la formation de circuits oscillants comportant l'inductance des transformateurs connectés à l'extrémité de la ligne et la capacité des tronçons libres des fils de ligne en série avec la capacité du réseau par rapport à la terre. Ces circuits oscillants sont sous la tension normale du réseau et lorsque les transformateurs sont faiblement chargés ou à vide, auquel cas leur inductance en marche à vide entre en considération, il suffit de longueurs de fils de ligne relativement faibles pour leur donner une période propre voisine de celle du réseau il en résulte des phénomènes de résonance.

Dans les réseaux étendus, il peut arriver que, lors de la mise à la terre d'une phase, l'inductance de cette phase forme avec la capacité par rapport à la terre de l'ensemble du réseau un circuit oscillant de période propre voisine de celle du réseau. Les phénomènes de résonance qui en résultent sont dangereux, non seulement en raison des surtensions, mais encore à cause du courant d'intensité considérable qu'ils provoquent. A ce point de vue la liaison de lignes aériennes avec des réseaux souterrains étendus doit être évitée.

Les transformateurs en étoile avec neutre à la terre peuvent également être la cause de surtensions dues à ce que, même lorsque la tension composée est purement sinusoïdale, la tension simple et, par suite la tension du point neutre par rapport à la terre, présentent toujours des harmoniques d'ordre 3, 9, etc. Le circuit oscillant formé par l'inductance des fils de ligne en parallèle et la capacité du réseau par rapport à la terre se trouve sous la tension du point neutre. Il peut alors se produire des phénomènes de résonance dont la tension s'ajoute à celle du réseau sans que les surtensions ainsi provoquées soient décelées par les appareils de mesure placés entre phases.

b) *Court-circuit à la terre intermittent.* — Lorsqu'un arc de mise à la terre se produit, la phase intéressée se trouve à la tension zéro par rapport à la terre et le courant de mise à la terre du réseau, déwatté en avance, passe par l'arc, qui s'éteint au moment où ce courant est nul, c'est-à-dire où la tension est maximum. Le réseau possède alors une charge statique à la tension normale à laquelle s'ajoute la tension sinusoïdale normale, de sorte que, une demi-période plus tard, le défaut se trouve, par rapport à la terre, à une tension double de la tension simple normale. L'arc se réamorce à ce moment et l'oscillation propre du réseau qui en résulte sous l'amplitude $2\,E_{pm}$ (E_{pm} = amplitude de la tension simple normale) conduit, en négligeant la capacité entre phases et l'amortissement, à une tension $4\,E_{pm}$ de la phase saine. Au moment où cette tension est atteinte, le courant est nul et l'arc peut s'éteindre à nouveau pour se réamorcer comme précédemment, la tension de la charge continue prise par le réseau étant de $2\,E_{pm}$. En tenant compte de la capacité entre phase et des pertes, on arrive pour les réseaux triphasés à haute tension à des surtensions d'amplitudes maxima égales à $4{,}5\,E_{pm}$ sur les phases saines et $4\,E_{pm}$ sur les phases en défaut correspondant de 2,6 à 3 fois la tension entre phases. En outre, à chaque demi-période, se propagent, de part et d'autre du défaut des ondes dont le front a une amplitude de 2,6 fois la tension entre phases et qui par leur succession rapide sont très dangereuses pour les enroulements des transformateurs connectés à la ligne. L'arc de mise à la terre atteint, en raison des hautes tensions d'amorçage, une longueur considérable, dure par suite longtemps et provoque le plus souvent un court-circuit entre phases avec toutes ses conséquences.

c) *Phénomènes atmosphériques.* — L'expérience montre que les surtensions d'origine atmosphérique perdent leur importance lorsque s'accroît la tension de service et qu'elles deviennent presque négligeables lorsque ces tensions atteignent 100 000 v. Les surtensions dues aux charges statiques qui se développent assez lentement sur les lignes aériennes peuvent être facilement et sûrement évitées par l'emploi de résistances convenables de mise à la terre. Les phénomènes les plus dangereux proviennent de la chute de la foudre, soit directement sur les lignes, soit dans leur voisinage, chute qui peut provoquer le claquage d'un ou plusieurs isolateurs et par là un court-circuit à la terre intermittent dont le processus est décrit plus haut.

Mesures de protection contre les surtensions. — a) *Connexions et dispositifs à recommander.* — Les alternateurs et les machines synchrones doivent avoir une courbe de tension aussi pure que possible, exempte d'harmoniques à fréquence peu élevée.

Afin d'éviter la destruction des alternateurs lors d'un claquage entre les enroulements haute et basse tension des transformateurs correspondants, il est avantageux de mettre leur neutre à la terre au moyen d'une résistance convenable. Les liaisons entre alternateurs et transformateurs seront faites par câbles souterrains afin d'assurer la protection contre la pénétration des ondes à front raide.

Les gros transformateurs doivent être connectés en étoile-triangle, le bobinage en triangle permettant la compensation des harmoniques d'ordre 3. En aucun cas le neutre coté haute tension ne doit être mis à la terre. Pour les transformateurs de potentiel dont le neutre est généralement à la terre et qui sont bobinés en étoile, l'induction ne doit pas dépasser 7 000 gauss. Dans tous les cas, il y a lieu de prévoir une induction modérée dans le fer des transformateurs.

Toutes les inductances intercalées sur les conducteurs sont à shunter par des résistances convenables de façon à éviter les phénomènes de résonance dus aux ondes transitoires. Les réseaux doivent être établis de façon à éviter la possibilité de réflexions totales des ondes à front raide. Dans les zones exposées aux orages, il est très avantageux de remplacer les lignes aériennes par des câbles souterrains, si le tracé ne permet pas de les éviter. De tels tronçons de câbles intercalés dans une ligne aérienne assurent, en outre, une protection très efficace contre la propagation des ondes de l'un à l'autre des tronçons aériens.

La jonction d'une ligne aérienne à un réseau souterrain important ne peut être admise que par l'intermédiaire de transformateurs à enroulements complètements distincts.

b) *Interrupteurs à résistances de chocs.* — L'emploi de ces interrupteurs se généralise de plus en plus et constitue un excellent moyen de prévenir la production de surtensions à condition toutefois que les résistances soient convenablement dimensionnées et exécutées. Ils permettent d'atténuer

Digitized by Google

les à-coups de courant et les surtensions consécutives à la mise en ou hors circuit des transformateurs, lignes de transmission et des moteurs. Par contre, ils sont peu efficaces contre les phénomènes provenant de couplages défectueux d'alternateurs. Leur emploi doit être considéré comme nécessaire au delà des limites suivantes :

Pour les transformateurs, lorsque $NE > 10000$ ou $N > 1000$;

Pour les lignes aériennes, lorsque $E > 35$;

Pour les réseaux souterrains, lorsque $E > 15$;

Pour les moteurs asynchrones lorsque $N.E > 200$ ou $N > 100$. N représentant la puissance en kilovolts-ampères mise en jeu et E la tension de service en kilovolts.

La résistance est à dimensionner de façon que les tensions aux bornes atteignent lorsqu'elle est en circuit :

Au moins 75 pour 100 de la tension de service dans le cas de transformateurs ;

Au moins 70 pour 100 de la tension de service dans le cas de lignes de distribution ;

Au moins 50 pour 100 de la tension de service dans le cas de moteurs asynchrones.

c) *Mise à la terre du neutre.* — Elle a lieu généralement par l'intermédiaire d'une bobine de self-induction ou d'une résistance élevée et permet l'écoulement des charges d'origine statique prises par les lignes de transmission. Pour assurer une protection contre les effets des courts-circuits à la terre intermittents décrits plus haut, il est nécessaire que la valeur de la self-induction ou de la résistance soit choisie suffisamment faible pour permettre l'écoulement de la charge pure par la ligne dans la période de 1/100 de seconde environ qui s'écoule entre l'extinction et le réamorçage de l'arc de mise à la terre. Le déphasage du courant de mise à la terre provoqué par la présence de la self-induction de la résistance réduit, en outre, la tension de la charge prise par la ligne lors de l'extinction de l'arc intermittent.

d) *Réactances de mise à la terre.* — Ces réactances ont apporté une solution définitive à la question du court-circuit à la terre ; elles se composent d'une bobine de self-induction intercalée entre le neutre d'un transformateur suffisamment puissant du réseau et la terre, et dimensionnée de telle façon que le courant qu'elle absorbe sous la tension simple soit numériquement égal au courant (de capacité), de court-circuit à la terre du réseau. Le courant passant par le défaut est égal à la somme de ces deux courants qui, étant en opposition de phase, s'annulent, d'où extinction de l'arc. La bobine agit efficacement même lorsque son inductance s'écarte jusque $\pm$ 30 pour 100 de la valeur théorique calculée. A l'effet d'extinction s'ajoute un accroissement très lent de la tension au défaut, dû aux oscillations propres du système self-induction et capacité du réseau. La principale objection contre les réactances de mise à la terre réside dans la possibilité de création de surtensions de résonance provenant des oscillations propres du circuit oscillant constitué par la self-induction et la capacité du réseau. Cette objection n'est pas fondée, car la saturation du noyau de fer de la bobine s'oppose à une élévation exagérée de la tension de résonance ; l'inductance de la bobine varie d'ailleurs avec l'induction dans le fer de sorte qu'il n'y a pas production de phénomènes de résonance à proprement parler.

e) *Fil de terre.* — La présence d'un fil relié à la terre et tendu au-dessus des conducteurs d'une ligne aérienne permet de réduire les surtensions d'origine atmosphérique. La protection est d'autant meilleure que les fils de terre sont plus nombreux et plus rapprochés des conducteurs. Le coût d'installation conduit généralement à réduire ce nombre à un.

Mesures de protection non préventives contre les surtensions. — A côté des procédés ci-dessus, il en existe d'autres qui limitent l'amplitude des surtensions sans toutefois agir sur leur cause même comme les précédents et qui, par conséquent, leur sont bien inférieurs.

a) *Parafoudres à cornes.* — Ils constituent plutôt des indicateurs de surtension que des appareils de protection. L'imprécision de leur fonctionnement conduit à les régler pour une tension supérieure d'au moins 50 pour 100 à la tension étoilée. En outre, pour les très hautes tensions, il est nécessaire de donner à la résistance de mise à la terre une résistance beaucoup trop élevée afin de réduire le courant de mise à la terre, ce qui rend leur action peu efficace contre les courts-circuits à la terre intermittents.

b) *Les bobines de self-induction* diminuent la raideur et l'amplitude des ondes de surtension. Elles doivent être bien isolées et shuntées par une résistance protégeant contre les surtensions de résonance dues à leur capacité propre. Leur inductance est le plus souvent choisie trop faible ; elle doit être comprise entre 5 et 30 m*H*.

c) Les *condensateurs* assurent une protection plus efficace que les bobines de self-induction sous la condition qu'ils soient construits de façon à présenter une sécurité suffisante (tension d'essai au moins égale à la tension d'éclatement des isolateurs des installations du réseau non situées à l'air libre). Il est recommandé de les shunter également par une résistance d'environ 1 000 ohms par centième de microfarad.

Le coefficient de sécurité des installations a haute tension. — La première mesure de protection contre les surtensions consiste à établir l'isolation des installations avec un coefficient de sécurité assez grand. Les dimensions adoptées pour les isolateurs peuvent être considérées comme satisfaisantes à ce point de vue. Mais les conséquences du claquage d'un isolateur sont moins graves que celles du claquage d'un enroulement de machine ou de transformateur. Les enroulements étant particulièrement menacés en cas de surtensions, il y aurait lieu d'établir leur isolement de façon telle que le claquage ait sûrement lieu à l'isolateur et non dans l'enroulement. Un tel isolement majorerait sensiblement le prix des machines, mais cette augmentation de dépense pourrait être aisément compensée par la possibilité de supprimer la plupart des appareils de protection contre les surtensions actuellement en usage et d'une efficacité assez illusoire.

Une surveillance rigoureuse et un bon entretien des isolateurs, transformateurs et interrupteurs en service permet également de prévenir bien des causes de surtensions. Le nombre des manœuvres d'interrupteurs doit être réduit au strict minimum.

A. R.

Digitized by Google

SECTION INDUSTRIELLE

Branchements de secours pour compteurs triphasés

La mise hors service d'un transformateur de mesure est chose rare et c'est pourquoi, quand le cas se présente, on est très souvent embarrassé pour assurer la continuité du comptage. Ces cas se présentent surtout à la suite de coups de foudre. Il y a, cependant, moyen d'y remédier et d'obtenir pendant le temps de la réparation de l'appareil endommagé ou de son remplacement, sinon un enregistrement parfait, du moins un comptage satisfaisant. Nous envisageons ici les grosses installations et surtout les installations haute tension pour lesquelles on peut dire, au sens industriel du mot, que le courant est équilibré. Les différents montages ci-après sont une adaptation du compteur normal « triphasé non équilibré » qui transforment cet appareil en « triphasé équilibré. »

I. Mise hors service d'un transformateur d'intensité. — Considérons le diagramme général (fig. 1 et 2) quel que soit le sens de rotation des phases.

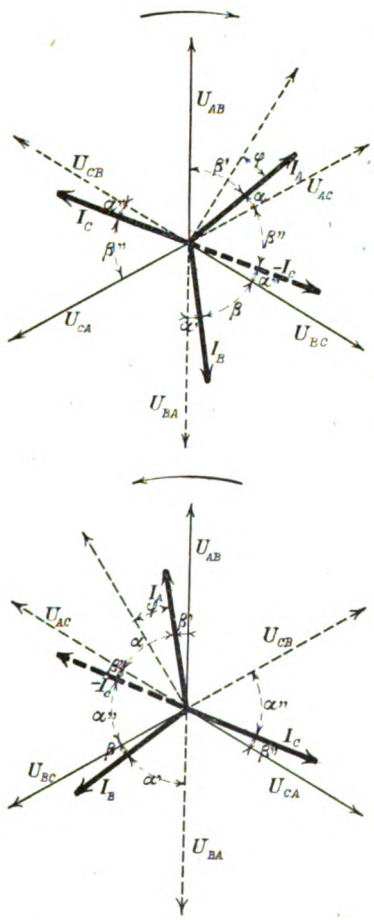


Fig. 1. — Diagramme général d'un compteur triphasé. Les flèches indiquent le sens de rotation des phases.

La mesure normale par la méthode des deux wattmètres donne pour valeur de la puissance

$$W = I_A \times U_{AC} + I_B \times U_{BC}. \qquad (1)$$

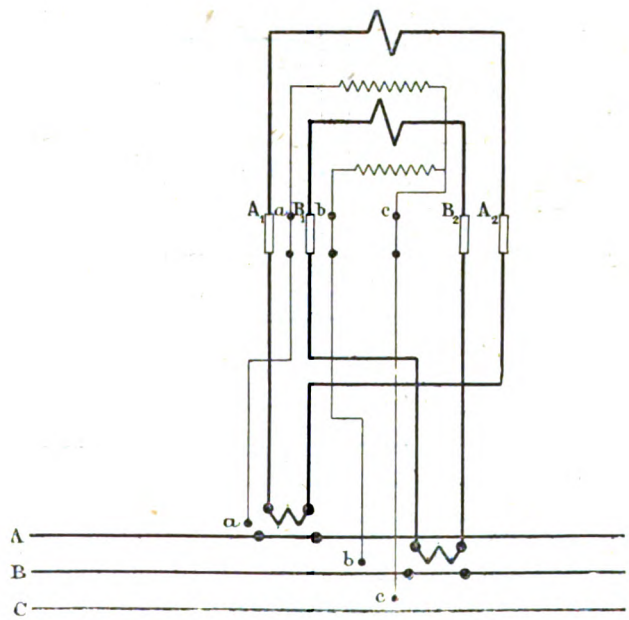


Fig. 2. — Connexions normales du compteur.

Si le courant est équilibré, nous avons

$$I_A = I_B = I_C, \qquad (2)$$

$$U_{CA} = U_{BC} = U_{AB}, \qquad (3)$$

et pour les angles

$$\alpha = \alpha' = \alpha'', \qquad (4)$$

$$\beta = \beta' = \beta''. \qquad (5)$$

Digitized by Google

Or l'équation (1) s'écrit algébriquement

$$W = I_A \times U_{AC} \cos \alpha + I_B \times U_{BC} \times \cos \beta. \qquad (6)$$

En tenant compte des égalités (2), (3), (4) et (5), nous pouvons aussi écrire

$$W_1 = I_A \times U_{AC} \cos \alpha + I_A \times U_{AB} \cos \beta', \qquad (7)$$

$$W_2 = I_B \times U_{BA} \cos \alpha' + I_B \times U_{BC} \cos \beta. \qquad (8)$$

Dans ces deux cas, il y a donc possibilité d'effectuer la mesure avec un seul transformateur d'intensité si l'autre est hors service.

Pour que la modification soit, pratiquement, plus facile, on réalise les montages représentés par les figures 3 et 4 caractérisés par les équations suivantes

$$W_1 = - I_A \times U_{CA} - I_A \times U_{BA}, \qquad (7^{bis})$$

$$W_3 = - I_B \times U_{AB} - I_B \times U_{CB}. \qquad (8^{bis})$$

Le premier d'entre eux représente les modifications

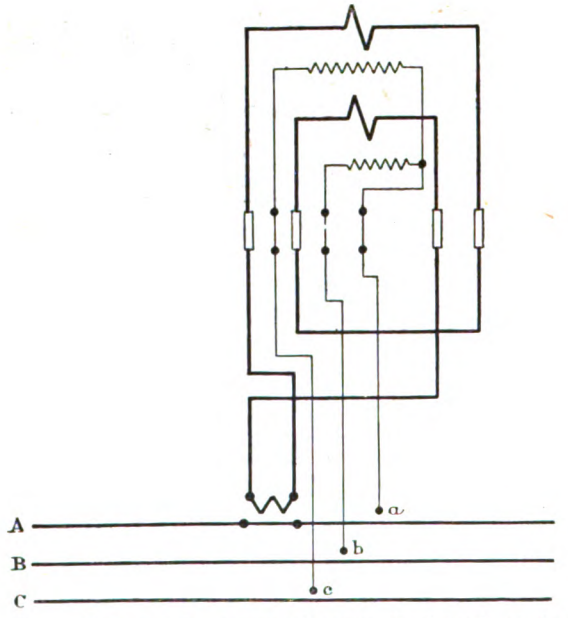


Fig. 3. — Montage de secours, lorsque le transformateur d'intensité sur la phase B est mis hors circuit.

à apporter au montage normal lorsque le transformateur d'intensité monté sur la phase B est défectueux; l'autre représente ces modifications lorsque c'est le transformateur monté sur la phase A qui doit être mis hors service.

La transformation du branchement doit être faite d'après la règle suivante :

Règle. — Brancher les deux enroulements « intensité » du compteur en série sur le circuit secondaire du transformateur d'intensité restant en bon état, en intervertissant les connexions d'entrée et de sortie. Intervertir également la phase « tension » C avec celle qui correspond au transformateur restant seul en service.

II. **Mise hors service d'un transformateur de tension.** — Nous pouvons également écrire l'équation de la puissance sous une des deux formes suivantes

$$W_1 = I_A \times U_{AC} \times \cos \alpha - I_C \times U_{AC} \cos \beta'', \qquad (9)$$

$$W_2 = I_B \times U_{BC} \times \cos \beta - I_C \times U_{BC} \cos \alpha''; \qquad (10)$$

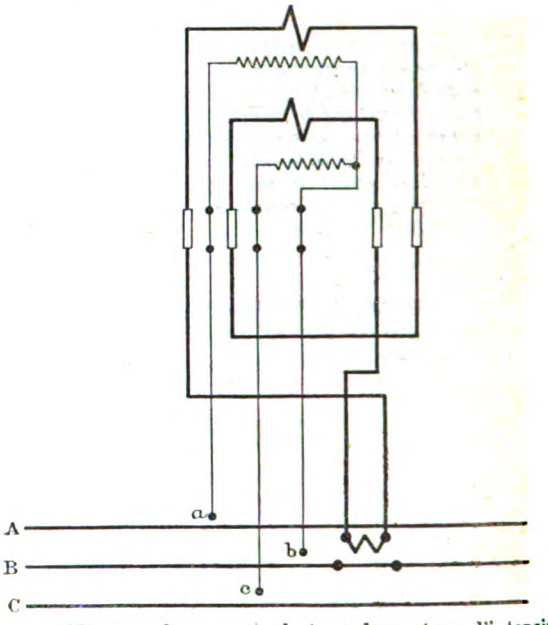


Fig. 4. — Montage de secours, le transformateur d'intensité branché sur la phase A étant endommagé.

mais nous avons la relation générale

$$I_A + I_B + I_C = 0 \quad \text{donc} \quad - I_C = I_A + I_B, \qquad (11)$$

donc (9) et (10) peuvent s'écrire

$$W_1 = I_A \times U_{AC} \cos \alpha + (I_A + I_B)\, U_{AC} \cos \beta'', \qquad (9\ bis)$$

$$W_2 = I_B \times U_{BC} \cos \beta + (I_A + I_B)\, U_{BC} \cos \alpha''). \qquad (10\ bis)$$

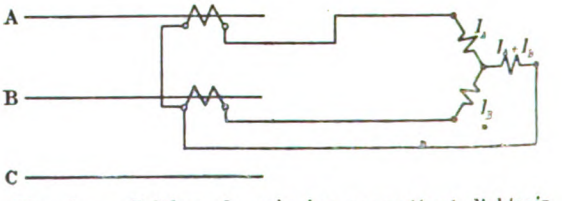


Fig. 5. — Schéma de principe permettant d'obtenir la somme vectorielle $I_A + I_B$.

Ces deux équations indiquent deux montages dans lesquels on n'utilise qu'une seule tension entre fils. Dans l'un des enroulements du compteur, on fait passer le courant secondaire de l'un des transformateurs d'intensité et, dans l'autre enroulement, un courant égal à

Digitized by Google

la somme vectorielle des deux intensités secondaires des transformateurs d'intensité.

Le schéma de principe (fig. 5) indique le moyen

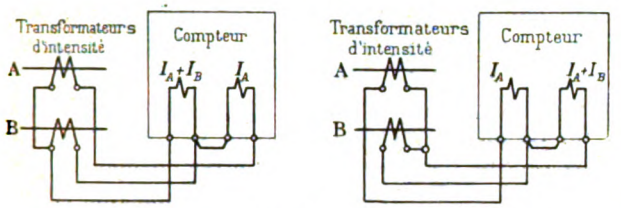


Fig. 6. — Montages pratiques correspondant au schéma précédent.

simple d'obtenir ce résultat et la figure 6 donne le montage réel correspondant à ce schéma lorsqu'il

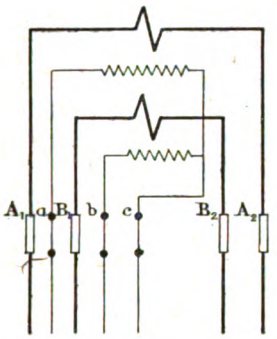


Fig. 7.

existe un fil commun aux deux transformateurs d'intensité. Ce mode de montage, qui présente par ailleurs

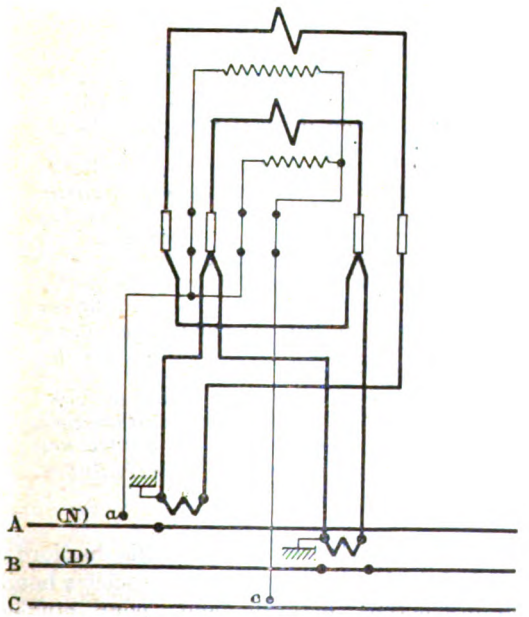


Fig. 8, — Montage de secours, lorsque le transformateur de tension monté entre les fils A et C est mis hors circuit.

de nombreux avantages, simplifie singulièrement le branchement dans ce cas spécial.

Remarque. — En modifiant le montage pour traduire les équations (9 *bis*) et (10 *bis*), il y a lieu de

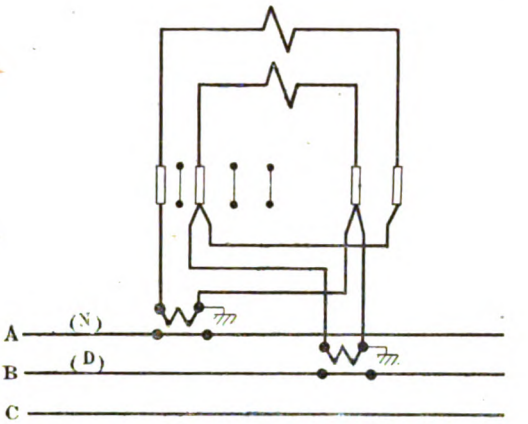


Fig. 9. — Montage de secours pour le même cas, avec position différente des bornes mise à la terre.

tenir compte du fait que, suivant les secteurs et les constructeurs, la borne secondaire des transformateurs d'intensité qui est réunie à la terre, est tantôt la borne entrée, tantôt la borne sortie. Le fil commun, qui doit être la terre, dépend donc du branchement existant.

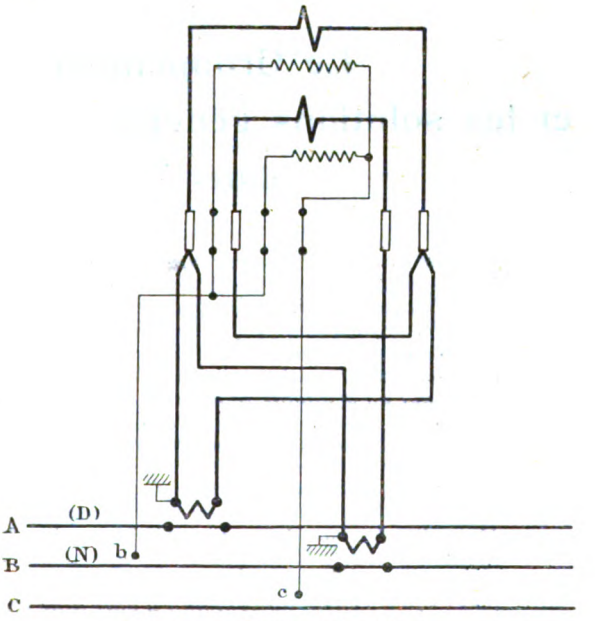


Fig. 10. — Montage de secours, lorsque l'autre transformateur de tension est supprimé.

Pour cette raison, il existe deux montages (fig. 8 et 9) correspondant au cas où le transformateur monté entre les fils B et C est défectueux, soit à l'équation (9 *bis*) et deux montages (fig. 10 et 11) pour le cas où c'est l'autre transformateur de tension qui doit être mis hors ser-

Digitized by Google

vice, ce qui est représenté par l'équation (10 *bis*).

Les modifications seront alors faites suivant la règle suivante, en appelant D la phase correspondant au

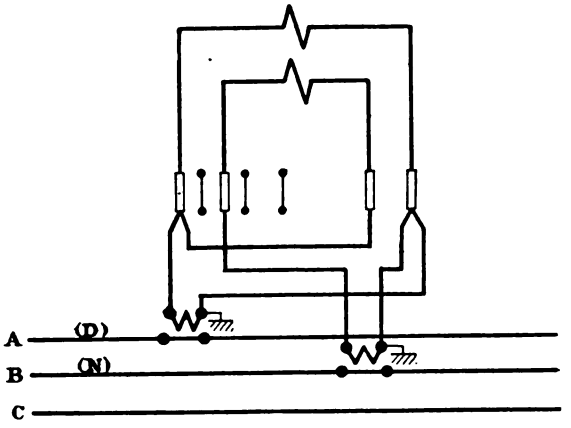


Fig. 11. — Montage de secours, pour le même cas que la figure 10, mais avec une disposition différente des bornes mises à la terre.

transformateur affecté et N, la phase sur laquelle est l'autre transformateur.

Règle : 1° Réunir les deux bornes tension a et b, ainsi qu'il est indiqué sur la figure 7 ;

2° La phase intensité D reste branchée normalement ;

3° Suivant le transformateur qui est hors service, on fera l'une des modifications suivantes :

a) La phase intensité N prend son entrée commune avec celle de D et conserve sa sortie normale ;

La sortie de D est réunie par une connexion supplémentaire à l'entrée normale de N.

Ceci correspond au cas des figures 8 et 9.

b) La phase intensité N prend sa sortie commune avec celle de D et conserve son entrée normale ;

L'entrée de D est réunie par une connexion supplémentaire à la sortie normale de N.

Les figures 10 et 11 indiquent ces modifications :

En ce qui concerne les compteurs d'énergie réactive, des combinaisons semblables peuvent être faites, à condition toutefois qu'elles soient parfaitement adaptées au type de compteur considéré. Cependant, pour une installation déterminée, le facteur de puissance moyen mensuel varie peu et pendant les quelques jours ou semaines que peut durer ce comptage de fortune, on prendra comme valeur moyenne du cos φ celle généralement constatée. Cette solution est préférable à celle qui consisterait à modifier les montages au prix de nombreuses complications.

W. JANVIER,
Ingénieur aux Forces motrices du Haut-Rhin.

Le Groupement des Houillères envahies et les solutions générales adoptées au point de vue électrique dans la reconstitution des mines

Dans le but d'assurer une exploitation intensive de nos houillères après la guerre et en prévision d'une reconstruction rapide des charbonnages détruits par l'ennemi, le Groupement des Houillères avait, dès 1916, envisagé l'élaboration d'un programme d'électrification dont les grandes lignes sont exposées dans le présent article. On y verra pourquoi on a choisi la fréquence de 50 p : s, la tension primaire de 15 000 v abaissée à 3 000 v pour l'application directe aux moteurs asynchrones, et la distribution par câbles, de préférence à une ligne aérienne; enfin, pourquoi on a adopté le moteur à courant continu pour la commande des machines d'extraction suivant le système Léonard et les moteurs asynchrones pour l'entraînement des ventilateurs et des compresseurs, avec un groupe de compensation destiné à relever le facteur de puissance de l'ensemble. La comparaison entre la machine Léonard et la machine asynchrone contient des précisions intéressantes. Les disjoncteurs et les tableaux de distribution sont construits d'après un type unifié, constitué par des éléments que l'on juxtapose suivant l'importance de l'installation. Pour des raisons de continuité du service, l'idée d'une supercentrale devant assurer la fourniture de l'énergie électrique au groupe de sociétés houillères n'a pas prévalu, chacune ayant préféré édifier sa station génératrice au siège d'extraction même ; toutefois, ces usines distinctes sont reliées par un réseau commun d'entr'aide et, dans certains cas, mettent leurs excédents d'énergie à la disposition du public. Signalons, enfin, que douze centrales sont construites ou en cours d'exécution et que celles des Mines de Bruay et des Mines d'Anzin assurent leur chauffe par le charbon pulvérisé.

I. Constitution du Groupement des Houillères et son programme d'électrification des charbonnages. — Lorsqu'à la fin de l'année 1916 se précisa l'étendue des destructions résultant des faits de guerre ou systématiquement commises dans les charbonnages de nos départements envahis du Nord et du Pas-de-Calais, les dirigeants de nos sociétés houillères se rapprochèrent naturellement, pour étudier en commun la situation et examiner les mesures générales à prendre pour la reconstitution future des houillères.

Digitized by Google

En accord avec le Gouvernement, et à côté du Comptoir central d'Achats créé, d'autre part, en vue de la reconstitution des régions envahies, les sociétés houillères, au cours de l'été 1917, formèrent ainsi un groupement spécialement chargé des études et des commandes intéressant les charbonnages. Dès la fin de 1917, les premières commandes purent être passées par ce groupement. La rapidité de remise en état des houillères était, en effet, au point de vue national, d'une importance primordiale, si l'on se rappelle que, sur notre production totale de combustibles minéraux de 41 millions de tonnes environ en 1913, la production du bassin houiller du Nord était de plus de 27 millions, dont 21 millions pour les houillères envahies, soit plus de 50 pour 100 de la production nationale. A titre documentaire et comparatif, remarquons que la production annuelle du bassin du Nord sur la base de l'extraction d'août 1922, atteindrait 9,5 millions de tonnes environ.

Comme l'électricité a pris, dans la reconstitution de nos houillères, une place de première importance, il peut être intéressant d'étudier les conclusions des travaux du Groupement des Houillères et les solutions générales qui ont été adoptées pour l'utilisation de l'énergie électrique dans nos charbonnages.

L'énergie électrique a conquis droit de cité dans les charbonnages depuis une vingtaines d'années et son utilisation était déjà des plus étendues avant guerre malgré la méfiance qui l'entoura à ses débuts et bien que son application ne pût être envisagée, à l'origine, que pour les installations nouvelles, à côté des anciennes installations à vapeur.

Pendant les hostilités, l'électricité, source d'énergie invisible et muette, permit de réaliser, dans les charbonnages à proximité du front, l'extraction dans des conditions souvent inespérées et, surtout, elle rendit possible l'épuisement dans les fosses situées au voisinage immédiat de la ligne de feu et même au delà, ce qui a évité le développement de l'inondation des charbonnages. Comme exemple typique, on peut citer le cas du siège n° 8 des Mines de Béthune qui se trouvait en arrière des lignes ennemies. Des pompes d'épuisement à commande électrique, alimentées par des câbles armés, qui parcouraient plusieurs kilomètres de galeries de la mine furent, néanmoins, installées à la base du puits et fonctionnèrent sans difficulté pendant deux ans. En septembre 1917, les Allemands s'aperçurent, en descendant dans le puits, qu'une installation d'épuisement y existait. Comme l'aérage était assuré par aspiration d'air par le puits, ils firent une émission de gaz toxiques qui asphyxièrent le personnel occupé aux pompes et il fallut, en hâte, abandonner la mine et établir des barrages contre l'inondation, d'autant plus que l'ennemi faisait sauter le puits et son cuvelage, ce qui transformait l'orifice du puits en un entonnoir de 30 m de diamètre.

Après l'armistice, dans la première période de déblaiement et de reconstitution, l'emploi de l'électricité s'imposait. Grâce à la facilité et au bon marché de sa transmission, ainsi qu'à son adaptation aux besoins les plus variés, l'énergie électrique pouvait seule permettre de réaliser, le plus rapidement et le plus économiquement, dans une région où tous les centres de production d'énergie étaient détruits, l'alimentation des divers centres d'utilisation à partir des centrales du voisinage restées intactes. Les charbonnages du Pas-de-Calais constituèrent ainsi une société de distribution d'électricité, la Société électrique des Houillères; un réseau de distribution à lignes aériennes à 15 000 v fut construit et les appareils installés furent tous à commande électrique. En particulier, 60 treuils de 430 ch actionnés par moteur asynchrone triphasé avec train d'engrenages furent répartis entre les divers sièges en reconstitution, ainsi que 40 pompes de 400 à 650 ch avec treuils de suspension de 90 ch, pour le dénoyage des puits. A titre documentaire, rappelons que la quantité d'eau à extraire des mines inondées était de 100 à 120 millions de mètres cubes d'eau, soit le débit d'étiage de la Seine à Paris, pendant quinze à vingt jours.

Pour les installations définitives, l'emploi de l'électricité, forme la plus moderne de l'énergie, fut envisagé d'une façon générale. Comme, dans plusieurs des concessions houillères du département du Pas-de-Calais, on se trouvait devant une table rase, dans une région complètement bouleversée, le problème était à envisager dans tout son ensemble, tout étant à créer d'après les idées dirigeantes suivantes :

a) Réalisation aussi rapide que possible des installations et des appareils nécessaires, d'où découlaient le choix et l'emploi de types généraux; l'étude, l'exécution et la réception en série des appareils et des machines permettraient ainsi de réduire à la fois les prix et les délais de construction.

b) Choix des solutions les plus rationnelles et les plus modernes appuyées par les résultats de l'expérience.

c) Utilisation ultérieure des installations et des appareils, dans la plus grande mesure possible, par les divers charbonnages, au fur et à mesure de leur remise en état individuelle.

Pour réaliser ces conditions, le principe d'une normalisation absolue devait être à la base des études et ainsi était indispensable la centralisation de toutes les questions techniques concernant la remise en état des charbonnages. Elle fut réalisée par la Commission technique du Groupement des Houillères dont le champ d'activité s'étendit sur tout l'ensemble des installations électriques, centrales génératrices, réseaux de distribution, appareils d'utilisation.

II. **Choix des constantes et du matériel électrique commun de distribution**. — Les études de la Commission technique eurent ainsi pour premier objet les questions d'ordre général indiquées ci-après.

Choix de la fréquence. — La fréquence de 50 p : s fut adoptée sans longue discussion. C'était, en effet, la fréquence des centrales de mines détruites ou encore

Digitized by Google

existantes et elle est devenue la fréquence type à peu près généralement employée par les réseaux de distribution.

Choix des tensions. — Le choix des diverses tensions à employer pour la distribution et pour l'alimentation des moteurs d'utilisation nécessitait un plus long examen.

Pour les lignes de distribution générale, il y avait lieu de faire entrer en ligne de compte l'économie bien connue réalisée sur le prix d'établissement par le choix d'une tension élevée; mais cette économie se trouve contrebalancée par l'augmentation de prix résultant de l'accroissement des dispositifs d'isolation nécessaires dans les postes de distribution, principalement pour l'appareillage; par exemple, au-dessus d'une tension de 15 à 16 000 v, certains constructeurs employaient uniquement des interrupteurs à cuves séparées pour les pôles et non des cuves uniques. La conclusion était donc à dégager de ces deux considérations contraires, en tenant compte de la perte d'énergie admissible en ligne qui fut fixée à 5 pour 100 et de l'emplacement des diverses sources présentes ou futures d'énergie. Le choix de la tension de 15 000 v se dégagea de ces diverses considérations et fut renforcé par le fait de l'emploi de cette tension sur les réseaux de distribution voisins auxquels il pourrait être utile de raccorder, ultérieurement, les réseaux des houillères.

La tension envisagée pour l'alimentation individuelle des moteurs variait, naturellement, suivant leur puissance. Pour les moteurs de faible puissance, la tension de 200 v était tout indiquée comme tension couramment admise dans les distributions à basse tension et comme ayant l'avantage de se prêter aux installations d'éclairage à 110 v par l'utilisation du fil neutre des transformateurs. Pour les moteurs de puissance plus importante, soit au-dessus de 100 ch environ, il y avait lieu de rechercher la tension la plus avantageuse, assurant la plus grande économie.

Deux tensions, choisies parmi les tensions de normalisation admises par l'Union des Syndicats de l'Electricité, étaient à envisager: celle de 5 000 v qui avait été avant la guerre employée dans un grand nombre de compagnies minières et celle de 3 000 v. Cette dernière présente, pour les moteurs, par rapport à celle de 5 000 v les avantages suivants : une sécurité plus grande pour les moteurs voisins de 100 kw par suite de la section du fil plus importante et du nombre de fils par encoche moins élevé ; une diminution du prix (de 20 à 25 pour 100) pour la même puissance ; un léger accroissement du rendement et du facteur de puissance.

La tension de 3 000 v peut, d'autre part, être utilisée pour des moteurs de puissance plus faible que ne permettrait l'emploi de celle de 5 000 v.

Par contre, les sections des lignes d'alimentation sont accrues et cette influence contre-balance les avantages précédents suivant la distance entre les centres de distribution et d'utilisation. Mais cette considération était de faible importance, car, dans le cas d'un siège de mine, la distance entre le centre de distribution et les moteurs d'utilisation est très courte et la transformation à 3 000 v et à 200 v est en général réalisée dans un poste commun situé au siège même. Le choix se porta ainsi sur la tension de 3 000 v. Cette détermination fut, du reste, renforcée par des considérations dues à des conditions momentanées, pendant la guerre, comme les difficultés d'approvisionnement de certaines matières indispensables pour la confection des moteurs à 5 000 v et la pénurie de main-d'œuvre spécialisée pour l'exécution délicate de ces moteurs. Enfin, une tension moins élevée peut assurer une sécurité d'exploitation plus grande, les conditions d'isolation étant souvent défectueuses dans un charbonnage du fait des poussières et de l'humidité régnant en bien des points.

Puissance et type des transformateurs. — La puissance des transformateurs aux centres d'utilisation de courant

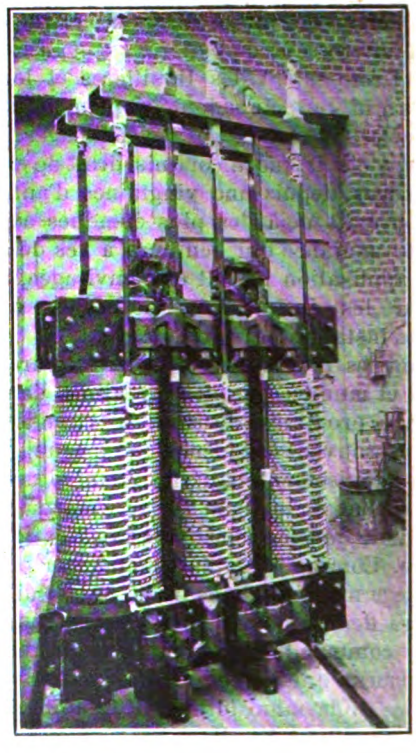


Fig. 1. — Vue intérieure d'un transformateur de 1 000 kw.

était à déterminer d'après la valeur de la puissance à fournir aux installations définitives. La puissance absorbée par un siège de mine complètement électrifié étant de l'ordre de 1 600 à 1 800 kw, on adopta des transformateurs triphasés d'une puissance unitaire de 1 000 kw (fig. 1 et 2) installés par trois dans chaque siège, l'un d'eux étant en réserve. L'emploi de transformateurs triphasés fut seul envisagé, la dépense d'installation de transformateurs monophasés étant beaucoup plus élevée pour une puissance de cet ordre, surtout du fait

Digitized by Google

de l'augmentation de l'importance de l'appareillage. Dès lors, l'emploi de trois transformateurs de 1 000 kw entraîne une dépense d'achat très peu supérieure à celle de deux transformateurs de 2 000 kw et offre l'avantage d'accroître la sécurité de l'exploitation, puisqu'un tiers seulement de la puissance totale installée, au lieu de la moitié, est immobilisée en cas d'avarie à l'un des appareils.

Pour ces transformateurs, on adopta le type à huile et à refroidissement naturel ; pour des transformateurs de cet ordre de puissance, les transformateurs à sec et à refroidissement naturel ne pouvaient être envisagés malgré leur grand avantage de simplicité. Le choix devait se faire, pour des transformateurs immergés dans l'huile, entre ceux à refroidissement naturel, dont la construction était possible pour la puissance envisagée, et ceux à refroidissement par circulation d'eau.

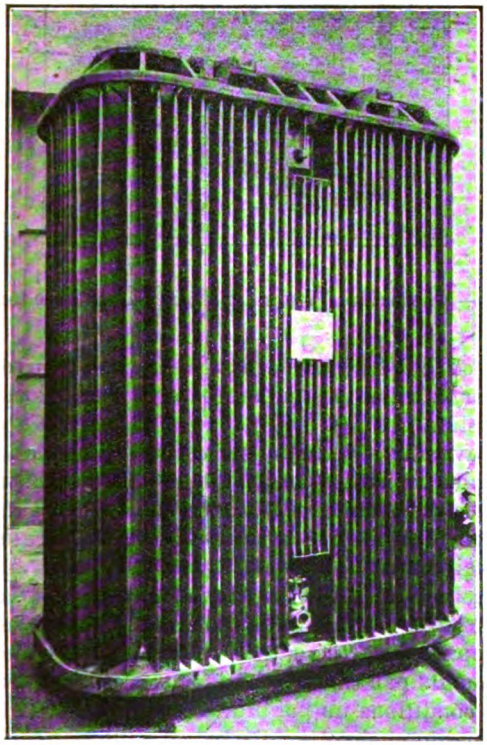


Fig. 2. — Vue extérieure d'un transformateur de 1 000 kw.

L'emploi d'une circulation d'eau donne, pour la puissance envisagée, une économie d'environ 15 pour 100 dans le prix d'achat des transformateurs, qui sont alors moins lourds et moins volumineux, mais l'installation et l'exploitation se trouvent compliquées par suite de la nécessité de réaliser une circulation d'eau et d'en assurer le fonctionnement sans interruption par une surveillance continue. L'installation et le maintien d'une distribution d'eau dans chacun des postes du réseau des houillères auraient nécessité des travaux et des dépenses supplémentaires réduisant et même annulant la différence entre le prix d'achat des appareils. De plus, la durée d'exécution des postes eut été augmentée, alors qu'on devait chercher à la rendre aussi réduite que possible pour permettre de commencer le plus rapidement les travaux de reconstitution.

Pour toutes les raisons précédentes, les transformateurs adoptés furent du type à huile et à refroidissement naturel et au rapport de transformation de 15 000/3 150 v, ce qui permettait de compenser une perte en ligne de 5 pour 100 du côté de la basse tension.

Constitution des réseaux de distribution. — L'emploi général du câble armé souterrain fut adopté, après examen, pour la constitution des réseaux de distribution des houillères. Les canalisations aériennes offrent, sans doute, comme avantages, par rapport aux canalisations souterraines, une très notable économie, pouvant aller jusqu'à 50 pour 100, du prix de premier établissement et une très grande facilité dans la recherche et dans la réparation des défauts. Elles nécessitent, par contre, des formalités assez longues pour leur établissement, doivent suivre souvent des parcours compliqués et, surtout, elles sont soumises à toutes les perturbations atmosphériques et exposées aux actes de malveillance, ce qui diminue fortement la sécurité de l'exploitation.

Dans un réseau à distances de transmission somme toute, réduites, la question d'économie est d'importance secondaire devant celle de la sécurité et de la continuité de l'exploitation, qualités essentielles pour un réseau de charbonnages. Cette sécurité aurait été fortement atténuée dans une région à population aussi dense que celle de nos centres miniers, où les difficultés d'établissement et d'exploitation des lignes aériennes se trouvent accrues. Ces diverses considérations conduisirent à l'emploi général de canalisations souterraines dans les réseaux de distribution des houillères. Des précautions particulières furent prises ou prescrites pour augmenter la sécurité contre les accidents dus à une cause électrique ou à une cause extérieure, comme par exemple un affaissement de terrain, incident à redouter dans un pays minier. Dans ce but, la Commission technique des Houillères réalisa ses commandes en câbles armés ayant des épaisseurs d'isolant renforcées et supérieures aux épaisseurs couramment admises par les fabricants de câbles pour la tension correspondante. Les conditions d'essai imposées furent également sévères : essai à 4 fois la tension de service pendant 2 minutes, 3 fois pendant un quart d'heure, 2 fois pendant une heure. Les boîtes de jonction (fig. 3) des divers tronçons de câbles furent établies d'après un type largement dimensionné présentant toutes dispositions (ouverture de dégagement d'air, colliers de serrage larges et fortement serrés) pour assurer l'étanchéité et le remplissage complet de la boîte par la matière isolante.

De plus, pour éviter tout court-circuit entre les conducteurs à l'intérieur de la boîte, par suite de malfaçons ou par suite du glissement des câbles consécutif à un affaissement de terrain, des entretoises en porcelaine biscuitée et poreuse à la matière isolante furent prévues entre les conducteurs à l'intérieur de chaque

Digitized by Google

boîte. Les raccords, allongés, sont fortement serrés sur les conducteurs dans le but d'éviter un glissement des conducteurs et une rupture aux raccords.

Enfin, pour limiter et écouler les surtensions qui prennent naissance dans un réseau souterrain à la suite de perturbations brusques (courts-circuits,

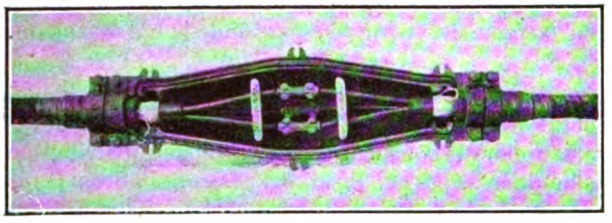


Fig. 3. — Vue d'une boîte de jonction.

terres, etc.) ou de résonances, des soupapes de décharge furent prévues dans tous les postes de distribution principaux. A l'égard des fronts d'onde d'origine interne, qui apparaissent également dans les réseaux souterrains et dont le potentiel dépasse rarement de beaucoup deux fois la tension normale du réseau, on admit que les dispositions d'isolation renforcée prévues garantissaient suffisamment contre les effets de ces phénomènes et aucune protection supplémentaire ne fut installée.

Constitution et équipement des tableaux de distribution. — Pour la constitution des tableaux de distribu-

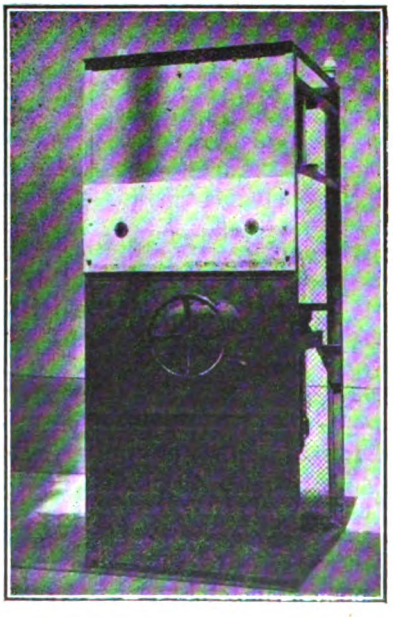


Fig. 4. — Vue avant d'une cabine métallique haute tension.

tion des postes de transformation, on décida d'employer des cabines métalliques d'un type unique pour la même tension (fig. 4 et 5) comprenant les appareils appropriés à la destination de chacune d'elles. Chaque cabine forme ainsi un élément absolument indépendant établi d'après un plan général et avec des appareils com-

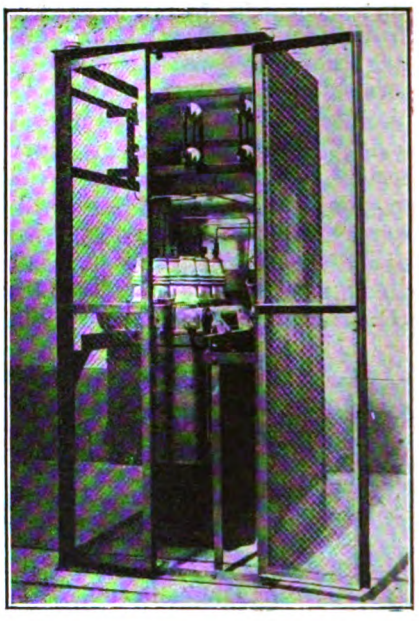


Fig. 5. — Vue arrière d'une cabine métallique haute tension.

muns ; chaque tableau de distribution se trouve composé par la réunion du nombre de cabines nécessaires à sa destination (fig. 6 et 7).

Les avantages de cette disposition sont nombreux par rapport à l'installation habituelle des tableaux en cellules de maçonnerie : économie, facilité et rapidité de montage, facilité d'extension du tableau, résistance aux affaissements, sécurité et facilité de surveillance. Ce principe admis, la Commission technique décida de ne pas faire l'acquisition de cabines complètes avec leur appareillage, mais d'en commander les éléments constituants par catégorie, de façon à obtenir les meilleures conditions au point de vue de l'uniformisation, de la qualité et du prix d'achat. Il suffirait, par suite, de procéder à la mise en place de ces éléments suivant les plans généraux établis pour réaliser un tableau de distribution.

Cinq types généraux de cabines pour la tension de 15000 v furent ainsi adoptés, répondant aux besoins des divers services des sièges et près de 2500 cabines furent commandées.

Toutes ces cabines sont composées d'un châssis en fer, de cloisons latérales en tôle, d'une porte grillagée sur la face arrière, d'un panneau en tôle et marbre sur la face avant, et elles sont munies de toutes les ferrures et supports nécessaires au montage de l'appareillage intérieur. La composition des tableaux a été réalisée de façon à assurer une marche sans arrêt des installations, dans tous les cas, même pour l'entretien

Digitized by Google

des barres-omnibus qui se trouvent sectionnées en deux parties indépendantes dans chaque tableau.

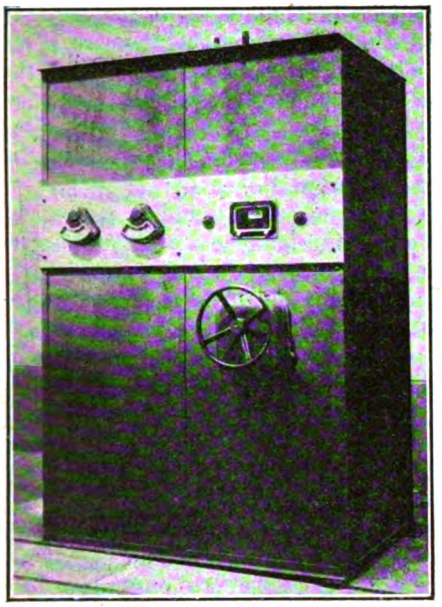


Fig. 6. — Vue avant d'un assemblage de deux cabines haute tension.

Les disjoncteurs à haute tension entrant dans la composition des tableaux de distribution furent l'objet

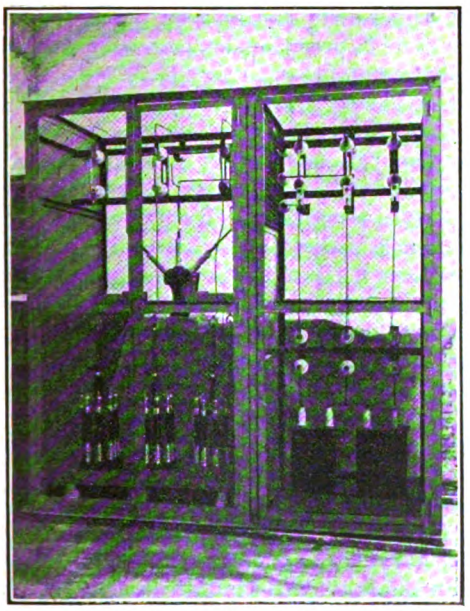


Fig. 7. — Vue arrière d'un assemblage de deux cabines haute tension.

d'un choix particulièrement attentif, étant donnée l'importance du rôle de ces appareils. La détermination des types de disjoncteurs fut basée sur la valeur du courant maximum qu'ils pourraient avoir à interrompre. Il y avait donc à tenir compte de la puissance prévue pour les diverses stations centrales génératrices des réseaux de distribution miniers. Il sembla toutefois exagéré de prévoir les disjoncteurs pour la puissance totale du réseau et de négliger l'amortissement des courts-circuits par les lignes et les transformateurs.

En se basant sur l'expérience des réseaux existants, les disjoncteurs triphasés adoptés furent, pour la ten-

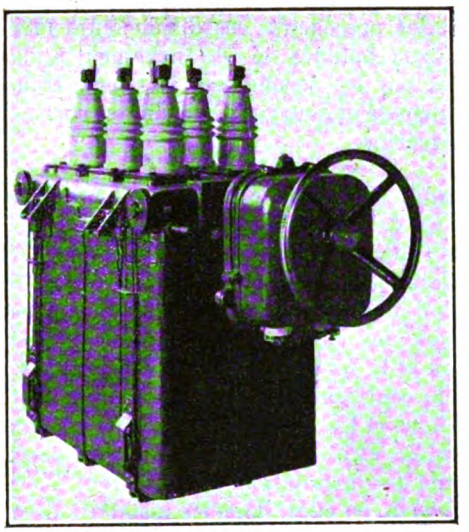


Fig. 8. — Vue d'un disjoncteur type « houillères » pour une intensité de 250 A sous une tension de 25 000 V et une capacité de rupture de 40 000 KV-A.

sion de 15000 V, du type de 250 A à 25000 V (fig. 8), ayant lesprincipales caractéristiques suivantes :

Bac, unique pour les 3 phases	
Capacité d'huile	250 l;
Tension d'essai	55 000 V;
Nombre de coupures par pôle	2;
Longueur totale de coupure par pôle	200 mm;
Puissance de rupture	40 000 KV-A.

Ces appareils furent prévus pour être à déclanchement à minimum de tension au besoin, mais toujours à maximum et à action différée; leurs bobines sont alimentées par transformateurs d'intensité sur deux phases et le déclanchement est réglable en marche pour le temps et pour l'intensité. Tout le système de déclanchement est, dans ce but, enfermé dans une boîte en fonte complètement distincte de l'interrupteur, qui peut être placé sur la face avant du tableau. Le dispositif est à réenclanchement empêché et le relais à action différée est du type à cataracte d'air permettant d'obtenir un déclanchement rigoureusement sélectif des différents disjoncteurs en série.

Pour le service à 3000 V, la détermination du type de disjoncteur était beaucoup plus simple, les trans-

Digitized by Google

formateurs abaisseurs assurant un amortissement considérable des courts-circuits. Le type de disjoncteurs choisi possède les caractéristiques suivantes :

Intensité normale	300 A;
Bac, unique, pour les 3 phases	
Capacité d'huile	45 l;
Tension d'essai	10 000 V;
Nombre de coupures par pôle	2;
Longueur totale de coupure par pôle	76 mm;
Puissance de rupture	15 000 kv-A.

Comme les précédents, ces disjoncteurs furent établis avec deux bobines de déclanchement à maximum alimentées par les secondaires de deux transformateurs d'intensité et pourvus de relais temporisés à cataracte à glycérine.

III. **Choix des appareils et machines d'utilisation.** — En dehors des questions concernant la distribution de l'énergie électrique la Commission technique des houillères envahies engloba dans ses études, toujours dans un but d'unification, les appareils et les machines d'utilisation des sièges d'extraction. Afin de hâter la réalisation et la réinstallation de ces appareils, il était indiqué de centraliser leur étude générale et d'établir les conditions et les dispositions communes auxquelles ils pourraient être soumis dans la limite permise par la diversité des installations d'extraction.

On retrouve, en effet, dans les installations minières d'extraction les mêmes appareils indispensables. Tout d'abord, il faut une installation assurant la circulation dans le puits; c'est le rôle de la machine d'extraction. Puis il faut disposer d'outils mécaniques permettant d'abattre et de transporter la roche et le combustible dans les chantiers du fond; ces outils fonctionnent à l'air comprimé de façon à être sans danger au point de vue de l'inflammation du grisou, toujours à redouter, et à accroître la quantité d'air respirable; il faut ainsi des compresseurs d'air à la surface pour alimenter ces outils. Enfin, il faut assurer l'aération des galeries et des chantiers souterrains en les faisant parcourir par des courants d'air convenablement établis et créés par des ventilateurs puissants disposés au jour.

Les études de la Commission technique du Groupement des Houillères eurent pour objet ces trois catégories d'appareils : machines d'extraction, compresseurs, ventilateurs.

Elles furent surtout développées pour les machines d'extraction en raison de l'importance fondamentale de ces machines et des solutions variées pouvant être apportées au problème de l'extraction. En particulier, le choix du dispositif électrique de commande fut le sujet d'un large examen et d'une comparaison très détaillée.

Choix du dispositif électrique de commande des machines d'extraction. — La commande électrique étant adoptée pour une machine d'extraction, comme dans tous les cas l'énergie électrique arrivera du centre générateur au siège d'extraction sous forme de courant triphasé, l'exploitant se trouvera en présence de deux systèmes ayant fait leurs preuves jusqu'à ce jour.

a) Le système de commande par moteur asynchrone triphasé avec engrenage réducteur entre le moteur et l'appareil d'enroulement. La construction d'un moteur asynchrone commandant directement l'appareil d'enroulement à la vitesse de 30 à 60 t:mn, vitesse courante des appareils d'enroulement, serait pratiquement irréalisable et d'un prix excessif;

b) Le système de commande par moteur à courant continu, à excitation indépendante, monté directement sur l'arbre de l'appareil d'enroulement avec groupe moteur-générateur à moteur asynchrone ou synchrone pour transformer le courant triphasé en courant continu. Ce système de commande est communément désigné sous le nom de système Léonard.

Dans le choix du système de commande, le prix de premier établissement et la consommation par cordée qui est, somme toute, la mesure pratique du rendement du système d'extraction pour l'exploitant sont, évidemment, à envisager, mais avant tout, une machine d'extraction doit, dans toutes les circonstances de l'exploitation, posséder un ensemble de qualités indispensables au point de vue de la sécurité et de la facilité de conduite. Dans la plus grande mesure possible, ces qualités doivent être au premier rang, de telle sorte que les propriétés des diverses machines servant de bases à une comparaison sont à envisager dans l'ordre suivant : sécurité de fonctionnement, rendement, prix. Or, il est reconnu que le système Léonard, s'il est d'un prix de premier établissement élevé, offre une supériorité marquée au point de vue de la souplesse et de la précision des manœuvres; de la facilité de commande et de réglage économique de la vitesse, à la valeur la plus réduite dans les deux sens de marche; de la régularité de l'accélération et du ralentissement; de la douceur du freinage électrique; de la possibilité de descendre des charges élevées avec aisance et avec récupération d'énergie. Cette supériorité est due à la propriété caractéristique du moteur à courant continu à excitation indépendante, qui s'ajoute à la réversibilité des moteurs à courant continu, d'avoir une vitesse à peu près rigoureusement indépendante de la charge et proportionnelle à la tension aux bornes de l'induit. De la sorte, à une position définie du levier de manœuvre par lequel le machiniste règle cette tension correspond toujours, à une petite différence près, facilement annulable, une même vitesse de la machine, quels que soient la grandeur et le sens de la charge; le couple du moteur s'ajuste au couple dû à la charge par variation de la grandeur et du sens du courant dans l'induit, la machine fonctionnant, suivant les cas, en réceptrice ou en génératrice d'énergie mécanique. La manœuvre de la machine est ainsi d'une simplicité complète, à l'abri de toute cause d'erreur; le déplacement du levier de manœuvre, dans les mêmes conditions, ayant toujours le même effet et permettant le réglage de la vitesse dans toute l'étendue

Digitized by Google

de la variation possible de l'arrêt à la vitesse maximum d'extraction.

Au contraire, la conduite de la machine à moteur à courant triphasé exige, de la part du mécanicien, une attention et une habileté toutes particulières et d'autant plus actives que la variation de vitesse de la machine peut être grande, c'est-à-dire que la vitesse maximum d'extraction est élevée. Le moteur à courant triphasé ne peut, en effet, fonctionner en récepteur d'énergie mécanique qu'au delà de la vitesse de synchronisme ; avec des charges descendantes, la machine est ainsi animée d'une vitesse d'autant plus élevée que la charge est plus grande. De là résulte, ce qui est d'importance majeure pour la circulation du personnel, un danger constant d'excès de vitesse ne pouvant être évité que par l'emploi plus ou moins brutal des freins mécaniques qui augmentent l'usure du matériel et absorbent de l'énergie en pure perte ; la mise en circuit de résistances dans le rotor se traduirait par une élévation de la vitesse.

Le réglage de la vitesse est réalisé, pour les charges montantes, par le jeu d'un rhéostat dans le circuit électrique du rotor, ce qui entraîne une perte d'énergie d'autant plus élevée que la vitesse est plus réduite ; de plus, le réglage de la vitesse, dépendant de la charge dans une large mesure, est délicat et peu précis. Pour les charges descendantes, le réglage de la vitesse se fait par freinage mécanique ou par alimentation du moteur à contre-courant. Dans les deux cas, il y a perte d'énergie et la manœuvre est d'autant plus délicate que, suivant le système d'enroulement du câble d'extraction, le couple résistant subit plus de variations, comme c'est le cas, par exemple, avec un tambour d'enroulement.

En définitive, l'expérience semble avoir montré que la difficulté de la conduite et l'insuffisance du réglage du moteur à courant triphasé deviennent particulièrement sensibles dans les machines d'extraction ayant des vitesses supérieures à 10 m par seconde, vitesses courantes dans les équipements modernes, et des masses de grande inertie, comme les machines à tambour d'enroulement.

De la rapide comparaison qui précède, se dégage la conclusion que le système Léonard répond plus complètement que le système triphasé aux exigences et à la sécurité de l'exploitation. Ses avantages sont contrebalancés par l'économie du prix de première installation de la machine à courant triphasé. Mais il n'y a lieu de renoncer au système Léonard que pour une économie nettement caractérisée et importante dans les dépenses d'établissement ou pour une économie de consommation du courant appréciable. Seule, une étude de chaque cas particulier permettra d'obtenir une appréciation exacte des avantages économiques de l'un ou de l'autre système.

Les éléments de cette étude, à partir du prix de revient du courant électrique, lui-même très différent suivant les conditions de production et de distribution, sont, en effet, trop nombreux et trop variables pour qu'il soit permis d'établir des conclusions générales. La profondeur et l'importance de l'extraction ont, tout d'abord, une influence, à la fois sur le prix d'établissement et sur la consommation d'énergie de la machine, les pertes au démarrage étant, avec le moteur triphasé, d'autant plus grandes que la vitesse d'extraction est élevée et le poids mort important.

D'autre part, dans le système Léonard, la consommation propre du groupe moteur générateur a, sur la consommation totale de la machine, une influence d'autant plus importante que la profondeur est moindre et que l'extraction est moins intense. Les intervalles d'arrêt de l'extraction sont également à envisager puisqu'avec le moteur triphasé la consommation est nulle pendant ces intervalles. Au contraire, le système Léonard reprend avantage, au point de vue de la consommation, dans tous les cas de fonctionnement à vitesse réduite, ou avec charge descendante, puisqu'il permet, alors, le réglage de la vitesse sans perte ou avec récupération d'énergie. Il y aura donc à tenir compte des périodes de fonctionnement à vitesse réduite pour la circulation du personnel ou pour la revision des câbles, pour la visite et l'entretien du puits, et des périodes de fonctionnement à charge descendante pour la descente des matériaux d'entretien et du personnel. Enfin, pour achever la comparaison, il faudra encore envisager la dépense correspondant aux pertes ohmiques dans les canalisations d'alimentation de la machine, variable d'après son mode d'équipement, et des dépenses d'entretien plus élevées avec le moteur triphasé, du fait, surtout, de la fatigue plus importante du rhéostat de réglage et du contacteur inverseur de courant.

La comparaison économique des deux systèmes est donc à faire d'après les éléments concrets de chaque installation particulière, concernant à la fois le prix du courant, les conditions de l'extraction et le réseau d'alimentation.

Cependant pour les installations ayant fait, jusqu'à ce jour, l'objet de commandes de la part des sociétés houillères du nord de la France, on peut dire, d'une façon générale, que l'économie de prix d'achat entre une machine du système triphasé et la même machine équipée en système Léonard est de l'ordre de 50 à 60 pour 100 pour la partie électrique, de 30 à 50 pour 100 pour l'ensemble de la machine, le prix de la machine Léonard étant la base de la comparaison. Avec les prix pratiqués pendant les années 1920 et 1921, durant lesquelles la plupart des machines ont été achetées, c'est-à-dire au moment où la hausse des prix a été dans son maximum, cette différence pouvait atteindre 400 000 à 500 000 fr par machine.

Mais la différence s'atténue fortement si l'on tient compte des consommations d'énergie en exploitation courante avec manœuvres aux recettes pour encagement et décagement des berlines, et des réductions de vitesse pour la circulation du personnel et autres nécessités. Pour ces diverses opérations, le moteur à courant continu reprend ses avantages d'économie sur le moteur à courant triphasé. Dès lors, en tenant

Digitized by Google

compte, d'une part, des charges annuelles d'amortissement et d'intérêt des dépenses de premier établissement, ces charges étant comptées au taux de 11 pour 100, et, d'autre part, des dépenses d'énergie, le prix du kilowatt-heure étant de 0,25 fr, on arrive, pour l'augmentation moyenne par tonne extraite, avec une machine du système Léonard, au chiffre de 0,15 fr à 0,20 fr, pour une extraction annuelle de 200 000 tonnes. Cette augmentation est évidemment un maximum, car elle est basée sur les prix d'achat maximum de 1920-1921 et concerne une extraction évidemment peu élevée pour un puits moderne. Comme, d'après les statistiques minières, les frais de main-d'œuvre ouvrière par tonne extraite sont, à l'heure actuelle, de l'ordre de 40 fr, c'est au plus 0,5 pour 100 de différence dans les frais d'extraction qu'il faut envisager suivant l'adoption de l'un ou de l'autre système. L'influence de la diminution du prix du courant sur la valeur de la différence précédente est relativement peu importante; si les frais de main-d'œuvre étaient même réduits de moitié, la différence atteindrait au plus 1 pour 100.

Ces écarts n'étaient évidemment pas de nature à justifier l'abandon général du système Léonard et de ses avantages. En fait, sur les 55 machines commandées jusqu'au début de 1922, 8 seulement, soit 15 pour 100, sont équipées avec moteurs triphasés; toutes les autres sont du système Léonard. On peut donc dire que le système Léonard a été adopté, d'une façon à peu près générale, par nos houillères pour la commande de leurs machines d'extraction.

L'unanimité fut complète au sujet de la non-adjonction aux groupes convertisseurs de dispositifs d'égalisation des charges. En fait, l'emploi, selon le principe d'Ilgner, du volant, le plus simple des accumulateurs d'énergie mécanique, était seul à envisager, l'expérience ayant nettement démontré l'efficacité de ce système et la sécurité de son fonctionnement. Toutefois, diverses considérations ont conduit à son abandon. L'installation d'un volant augmente, tout d'abord, très sensiblement le prix d'installation d'une machine, et sa complexité, car, pour assurer la sécurité complète de son fonctionnement, des dispositions spéciales sont à adopter pour le graissage. D'autre part, l'action du volant est maximum pour un diagramme d'extraction nettement défini; or, en pratique, il est difficile, sinon impossible, de réaliser, rigoureusement, un diagramme d'extraction théorique, du fait des variations inévitables dans les charges et dans les intervalles des cordées. Dans ces conditions, l'efficacité du volant pour la régularisation de la charge des machines génératrices se trouve réduite.

Mais, surtout, les facteurs déterminants de l'adoption du volant, prix du courant, chute de tension, dans la ligne d'alimentation de la machine réceptrice, capacité de la centrale par rapport aux pointes de charge maxima à prévoir, n'imposaient aucunement la nécessité d'uniformiser la charge. Dans les installations minières, en effet, le prix de revient du courant est réduit du fait du bas prix du combustible et de l'emploi de charbons inférieurs de telle sorte que l'influence de la réduction des pointes de charge sur le prix du courant peut être négligée.

Etant donnée, d'autre part, l'importance de la centrale que nécessite la consommation élevée de courant d'une concession minière ayant l'étendue de nos concessions françaises, la capacité de cette centrale, équipée avec de gros turbo-alternateurs à régulateurs automatiques à action rapide, est largement suffisante pour absorber les pointes de charge les plus élevées à prévoir. Le problème se réduit, ainsi, à une question de chute de tension dans le feeder d'alimentation d'après la distance du centre d'extraction à la centrale et, à ce point de vue, il sera généralement plus avantageux d'accroître, si besoin est, la section des feeders d'alimentation que d'installer un volant égalisateur au centre de consommation. L'emploi d'un volant d'égalisation est, de la sorte, resté écarté dans les commandes des machines d'extraction des sociétés houillères du nord de la France qui pouvaient, d'ailleurs, étayer leur décision sur l'expérience réalisée par les multiples installations sans égalisation de charge de l'Afrique du Sud.

Commande des ventilateurs et compresseurs. — Les études de la Commission technique du Groupement des Houillères, en dehors de la commande électrique des machines d'extraction, envisagèrent le choix du meilleur moteur électrique à adopter pour les commandes des compresseurs et des ventilateurs des sièges d'extraction. Le relèvement du facteur de puissance de l'installation fut le but des discussions engagées à ce sujet. Le facteur de puissance de l'ensemble d'un siège électrique d'extraction est, en effet, en moyenne, peu élevé, de 0,7 à 0,8, par suite, d'une part, des charges variables des machines principales et, d'autre part, des nombreux petits moteurs à faible facteur de puissance utilisés pour les installations de criblage et de triage du charbon.

Pour atténuer les effets nocifs bien connus d'un mauvais facteur de puissance sur les génératrices et sur l'installation et le fonctionnement des réseaux de distribution, l'emploi du moteur synchrone fut jugé le procédé le plus pratique au moment de la discussion engagée par la Commission technique. Le moteur synchrone pouvait ainsi s'appliquer à la commande des ventilateurs ou des compresseurs. Mais, pour réaliser un aérage continu de la mine et éviter toute interruption dans la circulation de l'air, un ventilateur de siège d'extraction doit être d'un fonctionnement aussi sûr que possible et garanti, le plus complètement, contre toute cause d'immobilisation. La commande par moteur asynchrone parut, à ce point de vue, préférable à la commande par moteur synchrone. Le moteur asynchrone présente, en effet, la plus grande simplicité comme construction et comme fonctionnement: il n'a besoin d'aucune source auxiliaire de courant analogue à l'excitatrice du moteur synchrone; sa mise en marche ne présente aucune difficulté ni aucune particularité. Il fut donc choisi pour la com-

Digitized by Google

mande des ventilateurs et l'emploi du moteur synchrone fut seulement envisagé pour la commande des compresseurs. La comparaison s'établit, pour cette dernière destination, entre le moteur asynchrone et le moteur synchrone, à démarrage par cage et autotransformateur, pouvant être surexcité pour la compensation du courant déwatté du siège. Le moteur synchrone offre, entre autres, deux avantages essentiels : au point de vue électrique, il permet la compensation du courant magnétique déwatté ; au point de vue mécanique, il permet de réaliser un jeu important entre la partie fixe et la partie tournante du moteur, l'influence de l'entrefer étant sans action sur le courant déwatté du réseau; la sécurité mécanique du moteur est ainsi accrue. En revanche, le moteur synchrone présente, comparativement au moteur asynchrone de même puissance, plusieurs inconvénients : la mise en marche et son accrochage nécessitent une manœuvre plus délicate, une attention plus soutenue de la part du personnel qui a ainsi besoin de plus d'habileté et de compétence. Le courant de démarrage est plus important : il peut atteindre, en moyenne, d'après les résultats expérimentaux relevés dans les installations de compresseurs, 180 pour 100 du courant normal de pleine charge, le couple maximum du moteur étant seulement de 40 pour 100 du couple normal. Cet inconvénient, qui pourrait être négligeable dans un cas isolé, peut acquérir une grande importance dans une houillère à appareils multiples où, après un arrêt général de courant, plusieurs compresseurs peuvent opérer leur mise en route simultanée. Le rendement est moins élevé et la différence s'accentue lorsque les dimensions du moteur sont augmentées en vue de réaliser une compensation plus importante du courant déwatté ou une réduction de la sensibilité du moteur aux variations de tension et un accroissement du couple de décrochage. Enfin, l'installation du moteur synchrone est moins simple et son prix de premier établissement est plus élevé.

Ces diverses considérations conduisirent la Commission technique du Groupement des Houillères à préconiser et à accepter pour la commande des compresseurs le moteur asynchrone. Dès lors, tous les moteurs de commande étant dans un siège d'extraction du type asynchrone, le relèvement du facteur de puissance de l'ensemble de l'installation électrique ne pouvait être réalisé que par l'emploi d'un groupe général de compensation situé dans ce siège et fonctionnant à vide.

Ce groupe serait constitué par un moteur synchrone de puissance apparente convenable démarrant par cage et autotransformateur et muni d'un régulateur automatique de tension permettant de maintenir constante la tension au siège. Les moteurs asynchrones de commande des compresseurs pourront alors avoir un entrefer plus important augmentant la sécurité du fonctionnement au point de vue mécanique. Ils furent, en réalité, prévus avec un entrefer simple de 1,5 mm.

L'installation des groupes de compensation n'a pas, en fait, été réalisée, jusqu'à l'heure actuelle, par les sociétés houillères dans leurs sièges d'extraction. Le relèvement du facteur de puissance n'est pas, en effet pour elles, d'une nécessité pressante, comme pour certaines sociétés de distribution. Les stations génératrices et les réseaux de distribution, largement prévus en vue du développement futur des installations, sont loin de leurs limites de débit et les économies réalisables à leur sujet par l'accroissement du facteur de puissance ne sont pas encore à envisager. De plus, le prix de revient de l'énergie dans un charbonnage est réduit du fait de l'absence de frais de transport pour le combustible et de la possibilité d'utilisation des combustibles inférieurs. Les sociétés houillères n'envisageront ainsi qu'ultérieurement, et au fur et à mesure de leurs nécessités, l'installation de dispositifs de compensation du facteur de puissance; il est possible qu'alors, devant le perfectionnement et le développement des appareils utilisés dans ce but (moteurs synchrones d'induction, condensateurs, etc.), une solution différente de l'emploi de groupes de compensation synchrones généraux soit envisagée.

Production de l'énergie électrique. — Les études de la Commission technique des Houillères concernant la génération de l'énergie électrique furent peu développées. La technique des stations centrales à turbo-générateurs à vapeur est, en effet, parvenue à un degré de stabilisation bien définie et les solutions générales à adopter sont bien arrêtées et peu susceptibles de modifications. D'autre part, la création de grosses centrales communes à plusieurs charbonnages ne fut pas définitivement adoptée et par suite de la diversité des puissances des centrales dont la construction fut décidée, il n'était guère possible d'envisager des solutions uniformes. Cependant certaines des plus importantes sociétés houillères du Pas-de-Calais envisagèrent, au début des études de reconstitution, la création d'une centrale commune de grosse importance avec réseau de distribution à leurs divers sièges d'extraction et à leurs divers points d'utilisation. Pour tous les centres de grosse consommation d'énergie, la concentration de la production de l'énergie est la solution indiquée qui permet de profiter des avantages des grandes stations centrales au point de vue de la production économique de l'énergie. Elle a, par exemple, été réalisée, pour le grand centre de consommation parisien, par les soins de la Compagnie parisienne de Distribution qui a absorbé les anciens secteurs de distribution ; elle est en voie de réalisation pour la banlieue par les soins de l'Union d'Electricité. Les sociétés houillères abandonnèrent, par la suite, leur première idée et la décision peut paraître regrettable au point de vue général. Toutefois, une trop grande concentration dans la production de l'énergie peut avoir pour inconvénient un accroissement des chances de paralysie de l'ensemble de la distribution en cas d'accident ou d'attentat aux machines génératrices ; en outre, chaque centre d'utilisation est à la merci d'un réseau dont il n'a pas l'usage exclusif et, partant, le contrôle rigoureux, et

Digitized by Google

dont l'étendue peut multiplier les causes d'avarie.

Les sociétés houillères voulant, dans la plus grande mesure, éviter, à la fois, de réduire la sécurité de leurs exploitations et d'aliéner leur indépendance, décidèrent d'établir, chacune pour son propre compte, et dans les limites territoriales de sa concession, un réseau de distribution et une centrale génératrice. Cette solution facilite, en outre, l'utilisation des combustibles de qualité inférieure recueillis par chaque charbonnage et dont le transport et le stockage sont réduits et simplifiés. Néanmoins, les sociétés houillères furent, par la suite, conduites à se grouper pour utiliser l'excédent de courant de leurs stations génératrices et pour régulariser leur débit pendant les périodes de ralentissement de travail à la mine. Déjà, bien avant guerre, les charbonnages faisaient, à partir de leurs centrales, la distribution publique d'énergie. Pour développer leurs moyens et étendre leur rayon d'action, ils furent, après guerre, conduits à constituer des sociétés communes de distribution auxquelles chacun d'eux pourrait fournir l'excédent disponible de sa centrale génératrice. Les échanges de courant de centrale à centrale pouvant ainsi être réalisés au besoin, par l'intermédiaire du réseau commun, ont, en outre, l'avantage d'augmenter la sécurité de l'exploitation propre à chaque charbonnage.

Les dix à douze centrales édifiées ou en cours d'édification dans les diverses sociétés houillères ont été, naturellement, réalisées d'après les conditions techniques les plus modernes en fait d'établissement des centrales électriques à turbines à vapeur et turbo-alternateurs. Ces conditions qui ont fait, entre autres, l'objet d'études et d'un rapport de la Commission officielle d'Utilisation des Combustibles ne sont pas à rappeler ici. Mais il semble intéressant de signaler une application industrielle encore peu répandue et définitivement réalisée dans deux au moins de ces centrales : l'installation de la chauffe au charbon pulvérisé (1).

Après deux années d'étude et de mise au point, la chauffe au charbon pulvérisé est en fonctionnement à la centrale des mines de Bruay pour une consommation horaire de 15 t de combustible et, se basant sur les résultats obtenus, la Compagnie des Mines d'Anzin exécute à sa centrale de Thiers une installation pour une consommation horaire de 30 t environ. En plus de ses avantages au point de vue de la combustion, la chauffe au charbon pulvérisé est des plus indiquées pour un charbonnage, puisqu'elle permet l'utilisation de tous les déchets provenant de l'extraction et du traitement du charbon. Les charbons à forte teneur en cendres (de 30 à 45 pour 100 de cendres), les fines provenant des criblages des sièges d'extraction ou du dépoussiérage dans les lavoirs, retrouvent un emploi qui était, sur grilles, sinon impossible, du moins d'un très mauvais rendement. L'extension de la chauffe au charbon pulvérisé semble donc à prévoir dans les centrales minières, si la pratique ne décèle pas des difficultés imprévues en théorie, et elle fera ainsi partie des solutions générales que nous avons envisagées. L'objection résultant du rejet par la cheminée à l'extérieur de la moitié, si ce n'est davantage, des cendres de la combustion est d'importance réduite pour une centrale minière éloignée généralement de tout centre d'habitations important.

G. JAULA,
Ingénieur des Arts et Manufactures, Ingénieur au Groupement des Houillères victimes de l'invasion.

Sur l'organisation des économies de combustibles dans l'industrie

Rapport de M. P. Mahler sur l'organisation des économies de combustibles dans l'industrie (*suite et fin*) (1)

B — 2° ORGANISMES EXTÉRIEURS AUX USINES. — Les organismes extérieurs aux usines qui se sont proposé comme but partiel ou unique de leur activité d'exercer sur ces usines une action directe en vue de l'emploi économique du combustible, sont, d'une part, les associations de propriétaires d'appareils à vapeur, dont la première date de plus de cinquante ans; d'autre part, l'Office central de Chauffe rationnelle, qui a été créé en 1919, au moment où la disette du combustible était le plus grave.

D'autres institutions, comme la Direction des Recherches scientifiques et industrielles et des Inventions, la station d'essais du Comité central des Houillères, le Comité central des Cokes de France, effectuent des travaux qui assurément concourent, et concourront sans doute de plus en plus à l'amélioration de l'utilisation des combustibles. Mais comme elles n'interviennent pas directement dans les usines, on ne peut les considérer comme rentrant dans le cadre des organisations que nous étudions dans le présent rapport.

Associations de propriétaires d'appareils à vapeur. — La première association de propriétaires d'appareils à vapeur

(1) *Revue Générale de l'Electricité*, 4 octobre 1922, t. XII, p. 688-693.

(1) Le combustible pulvérisé; Ch. BARON. *Bulletin de la Société des Ingénieurs civils de France*, juillet-septembre 192., p. 403; bibliographié dans la *Revue générale de l'Electricité*, 28 octobre 1922, t. XII, p. 136 D.

Digitized by Google

créée en France a été celle de Mulhouse, en 1867. Son but a été défini par l'article 1 de ses statuts : prévenir les accidents et les explosions de chaudières et faire réaliser à ses membres des économies dans la production et dans l'emploi de la vapeur. L'indication de ce but a été reproduit dans les statuts des autres associations, créées ensuite après la guerre de 1870, à Lille, Paris, Rouen, Lyon, etc.

La lecture des premiers bulletins de l'association alsacienne montre bien dans quelle voie s'orientaient alors les travaux de cette nouvelle institution. Elle s'occupait plus particulièrement du côté économique, des travaux d'intérêt général et scientifique sur les machines et, avec le concours de M. Scheurer-Kestner, sur la combustion de la houille.

Les relevés de diagrammes sur les machines à vapeur furent un champ fertile d'investigations. Ces expériences étaient nouvelles; elles montrèrent des machines déréglées, qui n'avaient jamais été auscultées par l'indicateur de Watt et qui consommaient beaucoup trop. Les premiers bulletins de l'association contiennent de nombreux échantillons de diagrammes tout à fait anormaux : entre temps, des essais de vaporisation sur les chaudières étaient entrepris, faisant ressortir des consommations trop élevées de machines et des rendements insuffisants de chaudières.

La visite intérieure des appareils, aux arrêts après nettoyage, était peu répandue. En 1870, pour 602 chaudières inscrites, 134 seulement étaient visitées intérieurement, alors qu'on relevait déjà des diagrammes sur 115 machines. Cette proportion se continua jusqu'en 1874 où, pour 1079 chaudières inscrites, on comptait 239 visites intérieures et 117 essais à l'indicateur.

La visite des appareils en fonctionnement avait été, dès la fondation en 1867, la base des premiers contacts de l'association avec les industriels; à cette époque, on pensait que de telles visites suffisaient : on constata rapidement qu'on devait aller plus loin dans la voie des visites intérieures des chaudières. C'est ainsi, qu'en 1875, pour 1332 chaudières inscrites, le nombre de visites intérieures s'élevait à 790. C'est à cette époque que furent créées en France les premières associations et on comprend que leur action se soit portée alors plus spécialement sur l'exécution des visites intérieures.

Enfin, chaque année, un concours de chauffeurs était entrepris par l'association, sous le patronage de la Société industrielle de Mulhouse.

Dès lors, la voie était tracée pour les associations qui se créèrent en France et qui, toutes, prirent leurs directives sur le fonctionnement de l'association alsacienne : travaux ordinaires, visant le côté sécurité, constitués par des visites annuelles; visites intérieures à l'arrêt après nettoyage des appareils et visites aux mêmes appareils en fonctionnement; travaux techniques, visant le côté économie, constitués surtout par des relevés de diagrammes sur les machines, essais de vaporisation sur les chaudières et concours de chauffeurs.

C'est ainsi que les moyens d'action, indiqués dans l'article 2 des statuts des diverses associations, consistent dans la visite des appareils par un personnel spécial d'ingénieurs et d'inspecteurs, dans la communication des faits intéressants observés sur ces appareils, dans les conseils techniques et pratiques donnés par un personnel s'occupant spécialement d'appareils à vapeur, dans la communication des résultats de leurs travaux, dans la propagation de l'enseignement professionnel des chauffeurs et des mécaniciens.

Le fonctionnement des associations resta toujours sur les mêmes bases : leur important développement du côté sécurité fut très apprécié par les pouvoirs publics qui firent de plus en plus appel à leur concours en leur octroyant, par le décret du 23 février 1919, la faculté de poinçonner les appareils à vapeur.

Les associations de propriétaires d'appareils à vapeur sont au nombre de dix; leur situation actuelle est résumée dans le tableau ci-dessous :

DÉSIGNATION	SIÈGE	DATE de fondation	NOMBRE d'adhérents en 1921	NOMBRE de chaudières inscrites en 1921
Association Alsacienne	Mulhouse	1867	1 567	6 210
id du Nord	Lille	1883	1 606	5 138
id Parisienne	Paris	1874	2 001	6 195
id Normande	Rouen	1874	880	2 050
id de la Somme	Amiens	1874	620	1 300
id Lyonnaise	Lyon	1876	1 640	6 127
id de l'Ouest	Nantes	1878	1 011	2 500
id du Sud-Ouest	Bordeaux	1879	304	1 349
id du Nord-Est	Reims	1881	510	1 050
id du Sud-Est	Marseille	1885	1 130	2 855

Ce tableau montre l'importance du développement des associations et la proportion considérable des usines où elles exercent leur action.

Au fur et à mesure que l'usage de l'électricité se répandait, elles se sont presque toutes annexé un service électrique fonctionnant dans le même esprit que le service vapeur : sécurité et économie.

Dans les dix années qui précédèrent la guerre, les associations développèrent considérablement leurs services d'essais et tous les travaux techniques visant à la meilleure utilisation des combustibles. Elles intervenaient comme expérimentateur, comme conseil de leurs adhérents pour étudier le fonctionnement des installations et l'opportunité des modifications à y apporter, puis, la plupart du temps, pour vérifier les résultats et les améliorations obtenues par les modifications apportées.

Elles s'étaient acquis dans leurs travaux une réputation de compétence et d'impartialité telle que beaucoup de constructeurs de chaudières et de machines imposaient dans leurs marchés que les essais de réception devaient être faits soit par ces associations, soit d'après leurs méthodes. Ces dernières, tout en restant pratiques et industrielles, tenaient compte des progrès de la technique et de la science et, par exemple, beaucoup d'essais de vaporisation, tous

Digitized by Google

pour certaines associations, étaient complétés depuis vingt ans par la séparation des pertes et l'établissement du bilan de chaleur.

Il est difficile d'indiquer, même approximativement, le chiffre des essais de rendement des chaudières, de consommation de machines ou autres effectués par les associations ; il est évidemment assez variable suivant les régions et les habitudes des industriels ; mais certaines associations exécutèrent jusqu'à 150 essais par an, sans compter les leçons de chauffe et les consultations et conseils extrêmement nombreux, donnés en vue de l'amélioration du rendement et, par conséquent, de l'économie de combustible.

L'outillage dont disposaient nécessairement les associations pour ces travaux était considérable, en appareils de mesures de toutes sortes, compteurs d'eau, thermomètres, pyromètres, manomètres-enregistreurs, appareils Orsat, indicateurs de Watt, etc. Certaines s'adjoignirent des laboratoires qui se spécialisèrent dans l'étude calorimétrique des combustibles et constituèrent ainsi des centres de documentation de premier ordre.

Pendant la guerre, alors que la pénurie de combustible se faisait de plus en plus sentir et qu'il importait d'assurer, outre la distribution judicieuse du charbon, l'économie de son emploi, les associations, dont la plus grande partie du personnel était mobilisée, ne se sont pas trouvées directement appelées à prêter leur concours à l'organisation administrative, mais plusieurs groupements de l'armement eurent recours à leur collaboration pour assurer une répartition du combustible basée sur la meilleure utilisation.

Après la guerre, en présence de la persistance de la crise charbonnière, la direction des Mines demanda aux associations de l'aider dans la recherche des économies par une meilleure utilisation du combustible. Elle trouva les associations, non seulement prêtes à entreprendre cette tâche, mais outillées et bien préparées pour l'accomplir auprès de leurs adhérents. Malheureusement, les conditions d'après guerre étaient beaucoup moins favorables à l'amélioration des installations, tant à cause des prix élevés et des difficultés de livraison qu'à cause de l'instabilité de la situation économique. Le charbon était d'ailleurs d'autant plus mauvais qu'il était plus rare et il fallait chercher à tirer parti, aussi bien que l'on pouvait des installations, des combustibles et de la main-d'œuvre dont on disposait.

Il fallait, en somme, courir au plus pressé et les associations ont bien compris cette situation. Elles développèrent leurs services de contrôle économique dans ce sens. Certaines organisèrent ce contrôle par abonnement, allant d'usine en usine, déterminant les pertes des chaufferies et des salles de machines et instruisirent et conseillèrent le personnel. Parallèlement à ces services spéciaux, elles profitaient de toutes les visites ordinaires pour multiplier leurs conseils dans les usines et rendre attentifs leurs membres à certaines pertes ou mauvaises pratiques ; elles contribuèrent par ce travail modeste, il est vrai, mais répété tous les jours dans des milliers d'installations, à la diminution ou à la suppression du gaspillage.

Outre leur « Bulletin » personnel, les associations publiaient depuis 1876 le compte rendu des congrès qu'elles tenaient chaque année et où elles apportaient le résultat de leurs travaux : une documentation volumineuse a été ainsi publiée ; elle contient aussi bien des rapports sur les questions de sécurité dans les appareils à vapeur que sur les questions d'économie. Cette publication est remplacée actuellement par un « Bulletin » trimestriel et les directeurs des associations se réunissent presque chaque mois pour se communiquer leurs divers travaux.

Office central de Chauffe rationnelle. — L'Office central de Chauffe a été créé en 1919, au moment où la crise de combustible était particulièrement aiguë, dans le but exprès d'aider les industriels à réaliser des économies de combustibles. Il a débuté avec des capitaux souscrits par les groupements charbonniers de l'armement et une subvention du Gouvernement. La forme choisie a été celle d'une société anonyme ; mais pour bien marquer le caractère désintéressé de l'œuvre entreprise, les statuts prescrivent que tous bénéfices au delà de 6 pour 100 du capital seront employés à des recherches et essais, ou à la création de bourses à l'Ecole de Chauffage industriel.

Pour atteindre le but qu'il se proposait, l'Office a créé plusieurs services, dont un administrateur délégué technique a pour mission d'assurer la liaison. Ses services sont les suivants :

1° Une école de chauffage industriel, comprenant, d'une part, les cours destinés à des ingénieurs ayant déjà une instruction technique étendue et leur permettant d'acquérir les connaissances complémentaires nécessaires à un véritable ingénieur de chauffage ; d'autre part, des cours pour contremaîtres destinés à former soit des chefs de chaufferies, soit des chefs de fours et gazogènes. L'enseignement est surtout pratique et comprend le réglage en usine de nombreux appareils et l'établissement de bilans thermiques. La durée des cours est réduite au minimum : cinq semaines pour les ingénieurs, quatre semaines pour les contremaîtres.

En deux ans, l'école a formé 86 ingénieurs et 83 contremaîtres.

2° Un centre de documentation, d'étude et de recherche. — Par lui, l'Office se tient au courant de tous les progrès réalisés en matière de chauffage industriel tant en France qu'à l'étranger ; il effectue les essais des procédés nouveaux ; il se tient en liaison avec les organismes étrangers analogues. C'est, d'autre part, le centre d'études qui examine pour les industriels les transformations nécessaires à la réalisation d'économies de combustible, ou étudie à ce même point de vue les projets d'installations nouvelles ;

3° Un laboratoire spécialisé dans l'étude des combustibles et de la combustion. — Ce laboratoire effectue les essais ou analyses de combustibles, solides, liquides ou gazeux, l'analyse des gaz de la combustion, celle des eaux d'alimentation et plus généralement l'examen de toute question d'ordre physique ou chimique pouvant intéresser le chauffage. Il règle et améliore les appareils servant au contrôle des appareils thermiques. Il a également entrepris, d'accord avec d'autres laboratoires, la comparaison des diverses méthodes d'analyse des combustibles dans le but d'arriver à une normalisation de ces méthodes.

De jeunes chimistes sont pris en stage par le laboratoire et y apprennent la pratique des essais et des analyses de combustibles ;

4° Un service de visite dans les usines. — Les ingénieurs de ce service se rendent dans les usines à la demande des industriels et étudient toutes les questions concernant l'utilisation des combustibles. Leur action porte aussi bien sur l'examen approfondi de chaque appareil servant à la production ou à l'utilisation de la chaleur, que sur l'organisation d'ensemble de l'usine à ce point de vue, le choix du combustible, etc. Le fait que la compétence des services de l'office s'étend à tous les appareils (fours et gazogènes, générateurs de vapeur, etc.), lui permet d'envisager le problème dans son ensemble. A la suite des visites, des rapports détaillés sont adressés aux industriels où sont consignées les observations faites, les bilans établis, et où sont donnés tous conseils concernant les mesures propres à faire réaliser des

Digitized by Google

économies, avec indication de l'importance probable de ces dernières.

Au fur et à mesure que l'action de l'office s'est développée, le service de visites dans les usines a été subdivisé en sections spécialisées : générateurs de vapeur, métallurgie, céramique et verrerie.

Les divers services de l'office sont étroitement liés et collaborent continuellement. Cette collaboration entre l'école, le centre d'études et de documentation et le service des visites, est un des traits caractéristiques de l'institution.

Indépendamment des travaux ayant directement pour objet la formation du personnel, les recherches d'ordre technique et le rôle du conseil auprès des industriels qui s'adressent à lui, l'office s'efforce de contribuer, par une propagande active, à répandre le goût des économies de combustibles dans le pays ; c'est à cet effet qu'il a publié les travaux de ses ingénieurs, organisé des conférences publiques, des expositions, etc.

Les résultats obtenus dans les usines, soit par formation du personnel, soit par examen des appareils sur place, se chiffrent par des économies qui varient couramment de 10 à 25 pour 100 : dans certains cas exceptionnels, sur des installations de gazogènes et de fours, elle a atteint jusqu'à 60 pour 100. Ces économies ont été obtenues tant par un meilleur réglage des appareils que par des améliorations matérielles de détail. A la réduction des quantités de combustible consommé s'ajoute souvent une économie supplémentaire résultant de l'adaptation des appareils à l'emploi de combustibles moins coûteux.

Quant aux économies obtenues par l'étude rationnelle des installations nouvelles, il est difficile de les chiffrer exactement ; elles pourraient avoir, dans certains cas, une importance plus grande encore que celles provenant des améliorations réalisées dans les installations existantes.

B. **A l'étranger.** — Dans presque tous les pays, des efforts importants ont été faits depuis la guerre.

En Allemagne. — Les principaux progrès ont été réalisés dans la grosse métallurgie, et dans les industries céramiques et verrières ; bien que l'effort n'ait pris toute son ampleur que depuis deux ans, les résultats sont déjà importants.

Dans presque toutes les puissantes entreprises industrielles, des services spéciaux d'économies de combustible ont été créés, et il n'est guère de grande usine où la comptabilité des calories ne soit régulièrement tenue et contrôlée.

Mais ce qui a permis de rapides progrès, c'est surtout l'organisation extérieure aux usines qui semble remarquablement complète et cohérente (1). Elle comprend un assez grand nombre d'organismes privés, formés à l'instigation des bureaux gouvernementaux pour la distribution du charbon et largement subventionnés par eux. Ces organismes sont tous reliés entre eux de manière à former un ensemble dont le schéma est le suivant :

a) A Berlin a été constitué un organisme central qui rassemble tout ce qui a trait aux économies de combustible, assure la liaison entre les institutions qui s'occupent de cette question, procède aux études d'ordre général, donne et patronne des conférences, publie un bulletin où sont réunis tous les renseignements utiles, etc. ;

b) Diverses industries : métallurgie, verrerie, céramique, ciment, ont constitué des offices de chauffe, spécialisés par industrie, mais dont chacun, dans sa partie, étend son action à l'Allemagne entière. Les offices spéciaux se tiennent en liaison avec l'office central de Berlin. Ils consacrent respectivement leurs efforts à l'amélioration de l'utilisation des combustibles dans les industries correspondantes ;

c) Des offices de chauffe régionaux sont en cours de formation dans les différentes provinces sous les auspices des associations de propriétaires d'appareils à vapeur. Ils ont pour but, dans chaque région, d'aider les usines diverses à économiser le combustible, notamment pour la production de la vapeur.

Dans certaines parties de l'Allemagne, l'office régional de chauffe est commun à plusieurs associations ; les questions de personnel et de documentation se trouvent ainsi simplifiées.

Ces offices de chauffe régionaux se tiennent en liaison étroite avec les offices spécialisés et avec l'office central de Berlin, auxquels ils apportent leur adhésion et leur concours.

Tous ces organismes se sont formés et ont prospéré grâce à de larges subventions du gouvernement et des grands groupements industriels. Les bureaux gouvernementaux du charbon leur versent 600 000 marks par mois depuis plus de deux ans (1). A eux seuls, les offices spécialisés ont touché 3 millions de marks et l'office central de Berlin presque autant.

Les bureaux gouvernementaux du charbon sont appelés à disparaître le jour où la liberté du commerce du charbon sera rétablie en Allemagne ; mais l'on se préoccupe déjà d'assurer les ressources nécessaires à la vie et au développement de l'organisation décrite ci-dessus.

Les industriels (sauf cependant les métallurgistes qui ont dès le début aidé et patronné l'office de chauffe de Dusseldorf) étaient dans les premiers temps assez sceptiques. Devant l'importance des résultats obtenus, qui se chiffrent par des économies de 10 pour 100, de 20 pour 100 et même 30 pour 100 sur l'ensemble de la consommation de certaines usines, ce scepticisme a disparu et les progrès réalisés sont de plus en plus rapides.

Cette organisation d'ensemble n'a pas été créée de toutes pièces. Les associations de propriétaires d'appareils à vapeur existaient depuis longtemps ; le premier office de chauffe créé a été celui des métallurgistes à Dusseldorf (1919) ; d'autres offices spécialisés ont été formés ensuite ; puis l'office central de Berlin a été constitué et il semble bien que ce ne soit pas sans quelque résistance de la part des organismes plus anciens que le groupement de tous les organismes avec l'office central comme organe de liaison, a été réalisé. Actuellement, tout le monde paraît satisfait de la solution adoptée.

En Angleterre. — A la suite des études entreprises par le Fuel Research Board, la « Federation of British Industry » a formé en 1919 une commission pour les économies de combustible. Celle-ci a créé, au sein de la fédération, une section spéciale qui, depuis le début de 1921, s'occupe activement de la meilleure utilisation du combustible dans les usines. Le « Manchester Air Pollution Advisory Board » se consacre spécialement à l'étude du chauffage domestique.

En Hollande. — Le ministère de l'Industrie et du Commerce a créé par décret un « Institut pour l'économie de

(1) Voir à ce sujet la traduction d'une brochure officielle allemande dans *Chaleur et Industrie*, mai et juin 1922.

(1) Malgré la dépréciation du mark, cette somme est considérable. Il faut, en effet, noter qu'en 1920 le mark valait encore 0,20 fr. D'ailleurs, il faut surtout tenir compte du pouvoir d'achat du mark en Allemagne.

Digitized by Google

combustible ». Cet institut travaille en collaboration avec trois groupements qui ont organisé un contrôle régulier de l'utilisation des combustibles chez leurs adhérents, et fait toutes recherches utiles pour améliorer cette utilisation. Ces trois associations sont : l'association pour le développement du chauffage sans fumée, l'association des exploitants de chaudières et machines à vapeur, et le bureau pour l'économie de combustible.

Dans la plupart des autres pays, notamment aux Etats-Unis, en Autriche, au Danemark, en Tchécoslovaquie, en Suisse, des organismes spéciaux, officiels ou non officiels, existent et paraissent se développer rapidement.

III. **Importance des économies réalisables.** — Il est possible, par l'examen des résultats déjà obtenus, de se faire une idée des économies réalisables.

En ce qui concerne la production de la vapeur, l'économie réalisable atteint 10 à 20 pour 100. Dans un rappport publié précédemment par la Commission, M. Kammerer citait une série de 50 essais donnant un rendement moyen de 65,7 pour 100; M. Brownlie, ingénieur anglais, a trouvé en Angleterre le chiffre moyen de 60 pour 100; les essais effectués par l'Office central de Chauffe donnent une moyenne de 62 pour 100. Or, dans une chaufferie moyenne munie de tous les perfectionnements et bien suivie, on doit arriver à un rendement de 75 pour 100, si ce n'est plus.

Dans l'utilisation de la vapeur, les économies réalisables sont peut-être plus importantes encore (1).

Dans les fours de toute catégorie (métallurgie, céramique, verrerie, produits chimiques, etc.), les économies réalisables sont très variables; parfois assez faibles, elles ont pu atteindre, dans certains cas, jusqu'à 60 pour 100 par le seul réglage des appareils. En moyenne, elles sont de même ordre que pour les chaudières. La diminution de consommation qu'on peut atteindre par transformation du matériel est beaucoup plus importante : dans certaines industries qui utilisent actuellement un matériel peu perfectionné (four Boëtius, en verrerie, par exemple), elle est, dans bien des cas, de l'ordre de 50 pour 100.

Enfin, dans les grandes usines, l'étude de l'ensemble du problème pour tout établissement, la bonne organisation des services en vue d'une marche régulière et de la suppression de tout gaspillage, peuvent faire réaliser d'importantes économies en plus de celles obtenues par la meilleure marche des appareils pris séparément. Il en est de même si l'on envisage la substitution d'un mode d'énergie à un autre, par exemple, la suppression de petites installations thermiques de force motrice par voie d'électrification.

En dehors des économies proprement dites, il est souvent possible d'utiliser des combustibles inférieurs moins coûteux.

Ces observations s'appliquent aux industries les plus diverses, y compris l'exploitation des chemins de fer et la navigation.

L'estimation exacte des économies réalisées n'est pas toujours facile en raison des modifications des conditions de marche et des changements de qualités des combustibles employés. Les quelques exemples suivants, choisis parmi ceux dont l'authenticité est certaine, permettent de se rendre compte que les évaluations précédentes sont plutôt au-dessous de la vérité.

Dans une blanchisserie, d'importance moyenne, le seul calorifugeage des conduites sur les conseils d'un ingénieur spécialiste fait immédiatement diminuer la consommation de 10 pour 100.

Dans une centrale électrique d'importance moyenne, la formation sur place du personnel chauffeur par un instructeur a fait réaliser 13 pour 100 d'économie sans aucune modification matérielle.

L'étude d'un four Martin a permis de réaliser une économie de 20 pour 100 (1).

L'amélioration de la marche d'un groupe de chaudières a amené une diminution de consommation de 15 pour 100 (1).

Des études sur des hauts fourneaux ont conduit à une réduction moyenne de 10 kg de coke sur la mise au mille accompagnée d'une disponibilité de gaz de haut fourneau représentant 25 kg de coke par tonne de fonte, soit une économie moyenne de 35 kg par tonne (1).

Le réglage d'un four à recuire a permis de réduire la durée d'une opération de vingt-quatre heures à huit heures et fait tomber la consommation de 2,5 t à 1 t, soit 60 pour 100 d'économie.

Au Creusot, depuis que l'exploitation des chaudières est contrôlée d'une manière complètement scientifique, l'économie de combustible réalisée est d'environ 13 pour 100.

En contrôlant méthodiquement l'aciérie du Breuil, on est parvenu à réduire de 14 pour 100 la quantité de charbon brûlé par tonne d'acier Martin coulé.

Dans une usine élévatoire des eaux d'une ville de province, la transformation des grilles a rendu possible l'utilisation de poussier de coke revenant à 35 fr la tonne au lieu de charbon à 110 fr, avec une augmentation de consommation de 25 pour 100 seulement.

Dans toute une série d'usines installées dans des régions boisées, l'intervention d'ingénieurs spécialistes a permis, au moment où le charbon atteignait des prix exorbitants, d'adapter la marche des appareils (générateurs de vapeur, fours, gazogènes) à l'emploi du bois.

Des économies importantes ont été réalisées dans les usines élévatoires des eaux de la ville de Paris par formation du personnel sur place. La teneur moyenne en anhydride carbonique des fumées des chaudières est montée de 6 pour 100 à 9 pour 100, malgré la médiocrité des combustibles employés.

Dans certains cas, les économies furent la conséquence de mesures d'une simplicité élémentaire, mais qui n'avaient pas été prises parce que personne ne s'occupait de la question. Il est telle usine où la consommation d'eau chaude pour le lavage corporel était très exagérée, parce que les robinets n'en permettaient pas une distribution économique : le seul fait de mettre en place des robinets à pression a fait réaliser une économie importante. Ailleurs, une chaudière chauffée par la chaleur des fumées d'un four ne recevait, sans qu'on s'en doutât, qu'une partie des fumées : la seule mise en état d'un registre a suffi pour augmenter dans de fortes proportions sa production de vapeur.

Dans beaucoup de petites usines de notables allégements financiers ont été obtenus par la suppression des installations de production de force motrice et le branchement sur un secteur électrique. L'économie de combustibles résultant pour la communauté de ces électrifications est souvent très importante.

IV. **Organisation vers laquelle il faut tendre.**

1° A l'intérieur des usines. — Pour obtenir des progrès en matière d'utilisation des combustibles, il faut que dans toute

(1) Voir à ce sujet le rapport de M. Kammerer (*Journal officiel*, 20 février et 21 décembre 1921; *R. G. E.*, 23 avril 1921, t. IX, p. 574-584 et 21 janvier 1922, t. XI, p. 83-92).

(1) Ces résultats ont été obtenus aux Forges et Aciéries de la Marine et d'Homécourt ; ils sont cités par M. Th. Laurent.

Digitized by Google

usine un contrôle régulier et ordonné de cette utilisation soit organisé. Ce contrôle est aussi nécessaire que la tenue correcte des livres de comptabilité et leur vérification. Il semble qu'il ne puisse être réalisé que par l'initiative des industriels eux-mêmes. A certains moments où la disette de charbon était particulièrement grave, on a pu songer, en raison de l'intérêt qu'a la communauté aux économies de charbon, à prendre des mesures coercitives contre les industriels qui ne chercheraient pas d'eux-mêmes à améliorer l'utilisation du combustible dans leurs usines; mais on y a, avec juste raison, renoncé : des mesures de ce genre ne sont guère compatibles avec la liberté indispensable au développement et au progrès de l'industrie; leur application soulèverait de multiples difficultés. Il est d'ailleurs évident que s'il est démontré aux industriels qu'ils peuvent, en organisant chez eux un contrôle judicieux de l'utilisation du combustible, réaliser d'importantes économies, le souci de leur propre intérêt leur sera un mobile suffisant Les mesures coercitives sont donc inutiles; il suffit de répandre, par une propagande très active, et dans tous les milieux industriels, la conviction justifiée que les économies de combustibles sont non seulement possibles dans presque toutes les usines, mais faciles à obtenir pour peu qu'on veuille se préoccuper sérieusement de la question.

Suivant l'importance de chaque entreprise industrielle, le contrôle de la bonne utilisation du combustible peut être confié, soit à un service spécial d'économies de combustibles, soit à un ingénieur exclusivement chargé des questions de chauffage, soit à un ingénieur ayant à s'occuper en même temps d'un autre service.

On ne peut donner de règles générales pour l'organisation de ce contrôle : les solutions doivent varier suivant les circonstances, selon le personnel dont on dispose. On s'inspirera utilement, à ce point de vue, des solutions déjà adoptées par divers industriels ou sociétés, solutions dont il a été question au chapitre II.

Pour remplir complètement son rôle, le service de contrôle de l'utilisation du combustible dans un établissement doit être à même d'effectuer les essais et le réglage de tous les appareils de chauffage, de choisir le combustible le mieux approprié, compte tenu du prix de revient des divers combustibles rendus à l'usine et du rendement qu'on en peut obtenir, d'étudier toute transformation ou installation nouvelle au point de vue des économies de combustible, d'installer tous appareils de mesure et de contrôle utiles, d'établir un système de primes aux économies de combustible pour encourager le personnel, etc...

Enfin, il ne faut pas oublier l'importance d'un service d'achat de combustible avisé, d'une comptabilité bien dressée et de prix de revient détaillés, chiffrant la quantité de charbon brûlé et la valeur des calories rendues disponibles, comme cela a lieu pour les hauts fourneaux. Sous les yeux de l'industriel, de semblables documents sont les premiers facteurs de l'économie de combustible dans l'usine. C'est assurément au contrôle de l'utilisation des combustibles qu'il appartient de donner à la comptabilité les renseignements utiles.

Est-il besoin de rappeler certains facteurs d'économie qui sont de sens commun ? Par exemple, le parc à charbon doit être tenu aussi soigneusement que les autres magasins, et le balayage du fraisil et des menus épargne beaucoup de charbon quand celui-ci est pulvérulent.

Dans les petites et moyennes usines, le personnel directeur ne peut faire face que très imparfaitement à une tâche aussi complexe, à moins qu'une aide extérieure ne lui soit apportée. Même dans les grandes usines, où l'on peut disposer d'un personnel spécialisé, il ne sera guère aisé de se tenir au courant de tous les essais effectués, de réunir une documentation complète et surtout d'avoir pour chaque problème un ingénieur ayant déjà étudié des problèmes de même nature.

Les difficultés rencontrées ont, comme nous l'avons vu, conduit de grandes sociétés, exploitant plusieurs usines, à créer dans la société un service central d'économies de combustible qui renseigne, aide et contrôle les divers services de l'entreprise. Cette organisation, certainement heureuse, pourrait encore, semble-t-il, être améliorée si ces services centraux demeuraient en contact avec un organisme extérieur pouvant les renseigner sur des études d'ordre général, les faire profiter de toute expérience acquise et de tout essai effectué ailleurs que dans les usines de la société, soit en France, soit à l'étranger.

Comme conclusion de ces diverses remarques, il semble indispensable que des organismes extérieurs aux usines se consacrent spécialement à l'étude de toutes les questions concernant la meilleure utilisation des combustibles, apportent leur concours technique sous la forme la mieux appropriée à la grande comme à la petite industrie, centralisent tous les renseignements et en fassent profiter l'ensemble des industriels.

2° Organismes extérieurs aux usines. — Dans tous les pays où l'on s'est sérieusement occupé de la meilleure utilisation des combustibles, la nécessité d'organismes extérieurs aux usines est apparue.

La Chambre de Commerce internationale s'est occupée de la question; elle a émis, lors du congrès de 1921, le vœu suivant :

« Considérant qu'à côté des mesures prises pour accroître la production de combustibles, il apparaît comme non moins nécessaire de veiller très attentivement à ce que tout le parti possible soit tiré du charbon dont dispose le monde, le congrès recommande :

» Que dans les pays qui n'en possèdent pas encore, une organisation soit créée, qui étudiera les questions des économies de combustibles;

» Que la Chambre de Commerce internationale se mette en rapport avec les diverses organisations nationales pour coordonner leurs travaux et faire connaître leurs conclusions ».

On a généralement reconnu que ce sont les organisations indépendantes, librement constituées par les industriels, qui donnent les meilleurs résultats.

Au début de ce mouvement d'idées, les efforts n'ont peut-être pas été très bien coordonnés. Diverses initiatives se sont produites, utilisant diverses organisations existantes sans établir de lien entre elles.

Les inconvénients de ce départ en ordre dispersé se sont fait sentir aussi bien à l'étranger qu'en France. Ce n'est qu'ensuite que s'est effectué un travail de coordination qui est déjà avancé dans certains pays, mais qui, dans le nôtre, réclame encore des efforts.

Pour que l'on obtienne des organismes extérieurs aux usines le maximum de rendement avec le minimum de dépenses inutiles et de doubles emplois, il importe, en effet, au plus haut point que ces organismes agissent en étroite liaison et que leur collaboration soit constante. Ainsi seulement l'on arrivera à faire profiter la communauté de tous les essais effectués et de toute l'expérience acquise. Ainsi seulement on pourra réaliser l'unification des méthodes d'essais, unification qui apparaît comme indispensable aux progrès de la technique du chauffage industriel.

Rôle des divers organismes. — Il semble bien qu'il soit

Digitized by Google

nécessaire de prévoir une double série d'organismes extérieurs aux usines : ce seront, d'une part, des organismes agissant chacun dans l'ensemble du pays, mais spécialisés à des industries particulières (métallurgie, verrerie, céramique, ciments, chemins de fer, marine, cokeries); ce seront, d'autre part, des organismes régionaux destinés surtout à apporter leur concours aux usines où le combustible est employé à la production de vapeur, quelle que soit la branche d'industrie à laquelle se rattachent ces usines.

En tenant compte de ces desiderata et des organismes déjà créés en France, l'organisation suivante paraît réalisable moyennant le concours des bonnes volontés de tous;

1° A l'Office central de Chauffe rationnelle, qui a son siège à Paris, et n'a pas de caractère régional, se constituerait, par développement de ce qui existe déjà et avec l'aide de tous les groupements et sociétés intéressés, un bureau d'études, de renseignements et de documentation. Ce bureau aurait à la fois un rôle de centralisation et de liaison; son développement n'impliquerait bien entendu aucune diminution des documentations qui existent ailleurs, notamment chez les associations de propriétaires d'appareils à vapeur, documentations particulièrement précieuses en raison de leur ancienneté et de leur caractère régional.

Ce bureau de documentation se tiendrait en contact avec tous ceux qui, en France, s'occupent de la meilleure utilisation des combustibles; il recueillerait les résultats de leurs travaux et leur apporterait son concours. Il nouerait des relations avec les organismes similaires étrangers.

2° Des sections spécialisées par industrie, seraient formées soit par développement des sections déjà existantes de l'Office central de Chauffe (métallurgie, céramique, verrerie), soit par création de sections nouvelles (ciments, chemins de fer, marine, etc.).

Ces sections, agiraient autant que possible avec le concours et l'appui des syndicats, groupements et sociétés directement intéressés;

3° Les associations de propriétaires d'appareils à vapeur continueraient, en développant l'activité de leurs services, à apporter leur concours à leurs adhérents, chacun dans sa région, pour la réalisation d'économies de combustibles dans la production et l'utilisation de la vapeur.

Formation du personnel. — Les services d'économies de combustibles dans les usines ont besoin d'ingénieurs et de contremaîtres spécialisés, ayant particulièrement étudié le chauffage industriel. Ce personnel pourra être formé dans une école spéciale, comme l'école de chauffage industriel organisée par l'Office central de Chauffe dont il a été question au chapitre II.

On ne doit pas non plus perdre de vue la formation du personnel chauffeur proprement dit. Cette formation se fera sur place en détachant, dans les usines, des instructeurs envoyés soit par l'école de chauffage industriel, soit par les associations de propriétaires d'appareils à vapeur, les fédérations de mécaniciens et chauffeurs, etc.

Liens des divers organismes. — Les résultats que l'on obtiendra seront d'autant meilleurs que les divers organismes mettront davantage leurs travaux en commun, arriveront à une collaboration plus étroite et plus complète.

Les modalités suivant lesquelles cette collaboration est établie doivent évidemment être choisies par les organismes intéressés eux-mêmes.

V. **Conclusions.** — L'industrie peut profiter d'économies de combustibles très importantes. Ce résultat ne sera atteint que si tous les industriels sont convaincus qu'il peut l'être et si l'aide nécessaire ne leur manque pas.

D'où une double nécessité : intensifier la propagande dans le pays, afin de multiplier les efforts tendant à améliorer l'utilisation du combustible; mettre à la disposition des industriels des conseils compétents pour les guider en cette matière et leur procurer des moyens faciles de former leur personnel.

Ce double rôle de conseil et d'enseignement peut être rempli par des organismes spéciaux, lesquels d'ailleurs existent déjà.

Ce ne sont pas des administrations d'État, mais des institutions libres.

Il suffira que ces organismes se développent et qu'ils s'entendent pour mettre en commun les fruits de l'expérience acquise et pour s'apporter une aide réciproque, par exemple, en entreprenant à frais communs des recherches profitables à tous.

Il est indispensable que les industriels comprennent la grande importance du développement de ces institutions, non seulement pour leurs intérêts particuliers, mais pour l'intérêt général du pays, lié à la réduction des importations de combustible et à l'amélioration du marché des charbons. Il importe qu'ils fassent de ces organismes leur œuvre, en s'y affiliant et en recourant à leurs services, en même temps qu'en leur apportant leur appui moral et matériel.

P. Mahler.

Vu :

Le vice-président de la commission,

Walckenaer.

Revues, analyses et informations

Locomotives monophaseés des Chemins de fer fédéraux suisses (1).

Les chemins de fer fédéraux suisses ont commandé dernièrement, pour l'électrification de leur réseau, un certain nombre de locomotives qui sont des types suivants : locomotives 1 B-B 1 et locomotives 1 B 1-1 B 1 pour trains directs et omnibus; locomotives 2-C-1 pour trains directs; locomotives 1 C-C 1 pour trains de marchandises; locomotives 1-C pour service de manœuvres.

(1) *Revue B. B. C.*, septembre 1921, t. VIII, p. 207-216, 6000 mots, 11 figures, 3 planches.

Locomotives 1 B-B 1 pour trains directs et omnibus. — Le cahier des charges des chemins de fer fédéraux imposait le programme suivant :

Les locomotives 1 B-B 1 (fig. 1) destinées au service entre Erstfeld et Bellinzone doivent remorquer un train direct ou omnibus de 300 t à la vitesse de 50 km : h ou un train de marchandises de même tonnage à la vitesse de 35 km : h sur la rampe maximum de 26 pour 1000. Les locomotives

Digitized by Google

doivent pouvoir effectuer, en 24 heures, 3 trajets aller et retour Lucerne Chiasso (1 360 km au total) en tenant compte d'un arrêt de 15 minutes à chaque extrémité.

Le démarrage jusqu'à la vitesse de 50 km : h avec un train de 300 tonnes doit se faire en moins de 4 minutes sur la

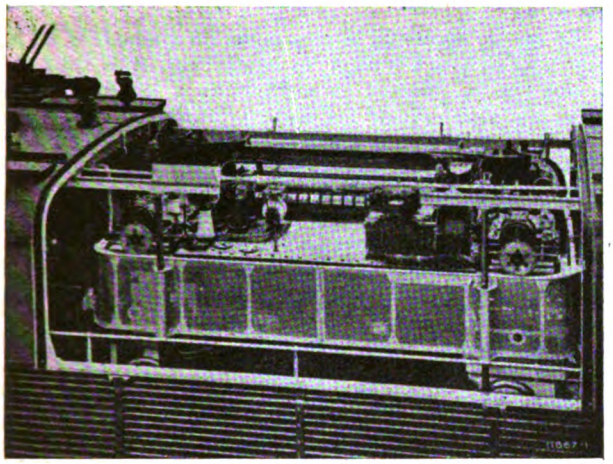


Fig. 1. — Locomotive 1 B-B 1 pour trains directs et omnibus de la ligne du Gothard des chemins de fer fédéraux suisses. Partie centrale, le grillage de protection étant baissé

rampe de 26 pour 1 000. De plus, sur cette rampe, une surcharge de 20 pour 100 doit pouvoir être supportée pendant 15 minutes. La vitesse maximum est fixée à 75 km : h.

Caractéristiques générales. — Ces locomotives sont montées sur 2 bogies comprenant chacun 2 essieux moteurs et un bissel extérieur.

a) Partie mécanique. — La caisse, qui occupe toute la longueur de la locomotive, repose sur deux bogies attelés directement entre eux par un accouplement élastique.

Chaque bogie possède deux essieux moteurs et un bissel extérieur.

Deux moteurs placés entre les roues motrices attaquent un faux essieu au moyen de pignons à jante élastique placés de chaque côté de la machine. Des bielles transmettent l'effort du faux essieu aux roues motrices. Les ouvertures ménagées dans le plancher de la caisse pour permettre le déplacement des moteurs dû à la rotation des bogies sont obturées par des diaphragmes fixés aux moteurs et glissant sur le plancher. Le toit de la locomotive et les parois latérales sont divisés en parties amovibles pour permettre un démontage facile du matériel électrique. Une cabine de manœuvre est située à chaque extrémité de la machine.

La locomotive est munie du frein Westinghouse automatique et modérable.

b) Partie électrique. — Les conditions du cahier des charges données ci-dessus ont conduit à adopter une puissance continue de 2 000 ch sur l'arbre des moteurs.

Le tableau ci-dessous donne une idée de la capacité de la locomotive.

Au démarrage, l'effort maximum de traction atteint 16 000 kg

Le freinage électrique est installé sur ces machines. Les induits des moteurs débitent alors sur des résistances de freinage; les inducteurs sont excités par le courant alternatif provenant du transformateur principal par l'intermédiaire d'un transformateur auxiliaire de freinage (fig. 2). Le

Tableau I.

PUISSANCE SUR L'ARBRE DES MOTEURS ch.	COUPLE SUR L'ARBRE DES MOTEURS kg-m	VITESSE t : mn	TENSION PAR GROUPE DE MOTEURS V.	EFFORT TOTAL DE TRACTION, kg : h	VITESSE km : h	DURÉE DE LA CHARGE
4 × 500	4 × 560	640	2 × 525	8 500	58	continue
4 × 600	4 × 670	640	2 × 550	10 500	58	1 heure
4 × 750	4 × 800	650	2 × 580	12 100	59	1/4 d'heure

dispositif permet d'utiliser pour le freinage le graduateur de tension servant à la marche; le nombre de crans de freinage est par suite de 18 comme pour la marche; le freinage peut donc se faire sans à-coups.

Les moteurs de traction à 12 pôles sont du type série compensé avec pôles de commutation shuntés et résistances intercalées entre l'enroulement d'induit et les lames du col-

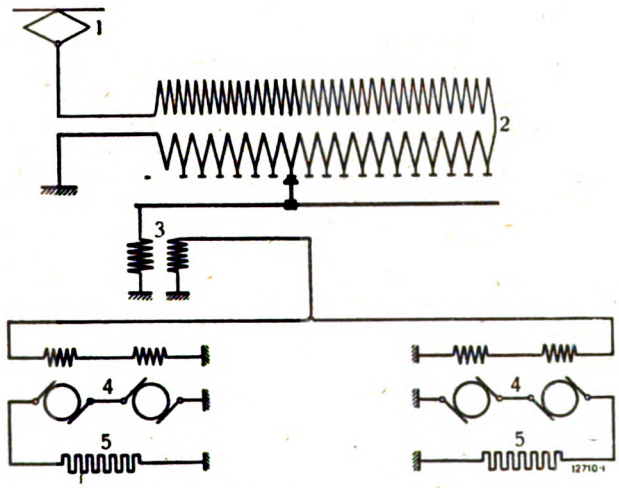


Fig. 2. — Schéma de principe du freinage sur résistance avec excitation séparée d'une locomotive 1 B-B 1. 1, pantographe; 2, autotransformateur principal; 3, transformateur de freinage; 4, moteurs de traction; 5, résistances de freinage.

lecteur. Les douze tiges de porte-balais sont fixées à un collier qu'une vis sans fin permet de déplacer pour la visite et le remplacement des balais.

Les moteurs sont à ventilation forcée; chaque moteur possède un groupe de ventilation composé d'un moteur monophasé de 7,5 ch à 2 000 t : mn qui entraine un ventilateur d'un débit de 120 m³ : mn sous la pression de 90 mm d'eau. L'air, aspiré dans le compartiment des machines, pénètre dans le moteur par le côté opposé au collecteur et ressort de l'autre côté en entrainant les particules de charbon qui proviennent de l'usure des balais.

Le transformateur, dans l'huile, a une puissance continue de 1 730 kv-a; il est monté en auto-transformateur. Sur les premières locomotives, des prises supplémentaires sur le primaire étaient prévues pour permettre l'alimentation sous 7 500 v, tension utilisée pendant la période de traction mixte sur la ligne du Saint-Gothard. Maintenant la tension de 15 000 v est seule employée.

Digitized by Google

Le secondaire possède 18 prises dont trois, celles à 825, 1020 et 1170 v, servent au chauffage du train.

Les deux noyaux du transformateur sont placés horizontalement. Le calage des bobines est étudié de façon qu'elles ne subissent aucune déformation du fait de courts-circuits.

Le refroidissement se fait par circulation de l'huile dans deux systèmes de tuyaux réfrigérants montés sur les parois latérales de la locomotive; la surface réfrigérante est de 70 m². Une pompe de 5 ch assure la circulation de l'huile; des vannes permettent d'isoler du transformateur chaque système de tubes réfrigérants. Ce dispositif a donné entière satisfaction.

Le circuit à haute tension comprend les deux pantographes, les bobines de self-induction, l'interrupteur principal et l'enroulement primaire du transformateur.

Normalement, les deux pantographes sont levés, mais, en cas de besoin, un seul appareil peut assurer le service. La hauteur du fil de contact au dessus du rail varie entre 4,8 m et 6,7 m. La pression moyenne sur la ligne est d'environ 4 kg : cm². La commande des pantographes se fait à l'air comprimé; des pompes à main servent à lever les pantographes lors de la mise en service de la locomotive.

L'interrupteur principal est placé à la partie supérieure du compartiment des machines, il est muni d'une résistance de protection. Sa commande peut se faire de chaque poste de mécanicien soit électriquement à l'aide d'un servo-moteur, soit à main par un volant spécal. Le déclanchement de l'interrupteur principal peut être provoqué soit par le relais à maximum du circuit haute tension, soit par le relais à tension nulle et à déclanchement direct connecté à la borne 225 v du transformateur principal, soit par les relais secondaires des deux circuits de moteurs de traction, soit, enfin, par le relais secondaire de l'interrupteur du circuit de chauffage des trains. Un tableau de voyants indique au mécanicien celui de ces relais qui a causé le déclanchement, ce qui permet de localiser le défaut. Des verrouillages empêchent de baisser les pantographes si l'interrupteur principal n'est pas ouvert.

Le système de régulation de la tension aux bornes des moteurs de traction comporte un graduateur de tension (1), qui comprend deux systèmes de barres reliés chacun à l'un des groupes de moteurs de traction. Le graduateur de tension est monté directement sur le couvercle du transformateur de façon à réduire au minimum les longueurs des connexions. Un grillage entoure le graduateur et tous les appareils à 15000 v pour éviter tout accident au personnel. Le grillage est verrouillé de façon à ne pouvoir être abaissé que lorsque les pantographes sont rabattus et le circuit à haute tension mis à la terre par l'intermédiaire de l'interrupteur spécial placé sur le toit de la locomotive.

Chaque groupe de moteurs possède un inverseur de marche utilisé également pour le freinage et l'isolement, en cas de besoin, du groupe de moteurs.

Le transformateur de freinage, à bain d'huile et à refroidissement naturel a une puissance intermittente de 42 kv-a à 1260/105 v.

Les résistances de freinage, constituées par des éléments en fonte rassemblés dans des cadres, sont placées, ainsi que les 4 shunts des moteurs en ruban de constantan, sur le toit de la machine, sous un abri qui les protège des intempéries.

Nous n'insisterons pas sur le circuit de commande de ces locomotives qui est semblable à ceux que nous avons décrits antérieurement (*R. G. E.*, 18 février 1922, p. 244); nous renverrons donc nos lecteurs à ce numéro pour la description du fonctionnement des appareils de contrôle. Nous dirons seulement que le courant de commande est fourni par une batterie d'accumulateurs montée en parallèle avec un groupe convertisseur de 1,5 kw. La tension adoptée est de 36 v.

En cas de nécessité, la commande du graduateur de tension peut se faire à la main; un contact auxiliaire, relié à une lampe témoin, indique au mécanicien si le graduateur de tension a bien exécuté les manœuvres qui lui ont été commandées. Deux autres contacts empêchent la manœuvre de l'interrupteur principal et celle des inverseurs de marche tant que le graduateur n'est pas à la position zéro.

Les inverseurs sont également commandés par servo-moteurs, une lampe témoin renseignant également le mécanicien sur leurs mouvements et lui indiquant, en particulier, si les deux inverseurs sont bien dans la même position.

Dans chaque cabine de mécanicien, on trouve les appareils de mesure suivants : un ampèremètre et un voltmètre haute tension; deux ampèremètres pour les deux groupes de moteurs de traction, un voltmètre et un ampèremètre pour le circuit de chauffage. Le compartiment des machines contient un ampèremètre et un voltmètre pour la dynamo du groupe convertisseur et un compteur d'énergie.

Les services auxiliaires comprennent la commande des ventilateurs, de la pompe de circulation d'huile et des compresseurs. Ils sont alimentés à 225 v par la borne correspondante du transformateur principal. Les interrupteurs des ventilateurs et des compresseurs sont placés dans les cabines de manœuvre à la portée du mécanicien. Des prises spéciales permettent de brancher les circuits auxiliaires sur le réseau à 225 v des dépôts afin de pouvoir effectuer le contrôle des appareils, les pantographes étant rabattus.

Comme nous l'avons déjà dit, le chauffage du train est fait en courant monophasé; à cet effet, le circuit de chauffage qui absorbe de 400 kw à 460 kw peut se brancher à volonté sur une des prises à 125, 1020 ou 1170 v du transformateur principal. Le commutateur de chauffage n'étant pas prévu pour fonctionner en charge, un interrupteur est placé en série avec lui. La manœuvre du commutateur ne peut se faire que lorsque cet interrupteur est ouvert. Une surcharge dans le circuit de chauffage entraine le déclenchement de l'interrupteur principal de la locomotive.

Le chauffage de la locomotive se fait sur le circuit auxiliaire à 225 v; il comprend deux radiateurs de 600 watts et deux chauffe-pieds de 300 watts dans chaque poste de mécanicien, deux réchauds d'huile et quatre éléments de chauffage pour les graisseurs des faux essieux.

L'éclairage de la locomotive se fait sous 36 v; il comprend 3 lanternes sur chaque paroi frontale de la machine, deux lampes dans chaque cabine de mécanicien et six lampes dans le compartiment des machines; en outre, plusieurs prises pour lampes balladeuses sont prévues.

Chaque locomotive possède deux compresseurs accouplés chacun directement à un moteur monophasé de 9 kw. Chaque compresseur refoule 1200 l à la minute à la pression de 7 kg : cm². Un régulateur de pression met automatiquement en marche les compresseurs quand la pression dans le réservoir principal baisse à 6 kg : cm² et les arrête quand la pression est montée à 7,5 kg : cm².

Autres types de locomotives commandés par les chemins de fer fédéraux. — Nous ne donnerons que quelques indications sur ces machines qui, dans l'ensemble, ne diffèrent que très

(1) *R. G. E.*, 18 février 1922, p. 244-249

Digitized by Google

peu, surtout au point de vue électrique, de la machine 1 B-B 1 que nous venons de décrire.

Locomotive 1 C-C 1 pour trains de marchandises. — Cette locomotive doit pouvoir remorquer un train de 860 t. Sur les rampes supérieures à 21 pour 1 000, une seconde locomotive devra être attelée en queue du train. La vitesse sur rampe de 26 pour 1 000 est de 35 km : h; la vitesse maximum est fixée à 65 km : h.

La locomotive repose sur deux bogies comprenant chacun 3 essieux moteurs et l'essieu porteur. Les deux moteurs de chaque bogie actionnent par l'intermédiaire d'engrenages un faux essieu qui transmet l'effort au moyen de bielles obliques à l'essieu moteur avant; des bielles d'accouplement relient entre eux les 3 essieux moteurs de chaque bogie. Le poids total de la machine est de 126,5 t. Les moteurs sont à 14 pôles. Le freinage par récupération va être installé.

Locomotive 1 B 1-1 B 1 pour trains directs et omnibus. — Cette locomotive, au point de vue électrique, est sensiblement identique à la locomotive 1 B-B 1, mais les moteurs sont à 14 pôles; la vitesse maximum est de 90 km : h au lieu de 75 km : h. Au point de vue mécanique, cette machine diffère totalement des précédentes; les bielles sont supprimées et remplacées par la commande individuelle des essieux. Un bogie est équipé avec le système Brown-Boveri et le second avec le système Tschanz.

Locomotive 2-C-1 pour trains directs. — Cette locomotive d'une puissance totale de 2 100 ch fournie par trois moteurs attaquant les essieux par commande individuelle, est destinée à la remorque des trains express sur les lignes à rampes au plus égales à 10 mm : m. Ces locomotives fort différentes tant au point de vue électrique qu'au point de vue mécanique seront décrites ultérieurement.

Locomotive 1-C pour service de manœuvre. — Cette machine, exécutée en deux exemplaires, est une machine d'essai; elle possèdera un moteur de traction d'une puissance horaire de 690 ch, de même type que ceux des locomotives 2-C-1, un transformateur dans l'huile d'une puissance continue de 500 kv-a et un dispositif de commande à 13 crans. Cette machine, qui présentera des particularités intéressantes, fera plus tard l'objet d'une description détaillée. - H. C.

Progrès récents dans les applications domestiques de l'électricité (1).

Jusqu'à présent, l'usage de l'électricité dans les maisons d'habitation a été réduit à peu près à l'éclairage et la routine a continué de présider aux travaux domestiques. La négligence qu'on a apportée dans cette voie n'est pas surprenante : on s'est heurté à de grosses difficultés bien connues de tous. Cependant, une enquête faite récemment en Amérique et en Angleterre permet d'affirmer que de grands progrès sont en voie de réalisation dans ces pays. En Amérique, sur les 7 millions d'habitations qui emploient l'électricité, 36 pour 100 possèdent des lessiveuses électriques, 71 pour 100 des fers électriques, 40 pour 100 des aspirateurs de poussières, 2 pour 100 des machines à laver la vaisselle, et 2 pour 100 seulement des cuisinières électriques. Les chiffres manquent pour l'Angleterre mais une expérience vient d'être tentée qui donne d'heureux résultats : 200 cuisinières électriques ont été placées récemment, à Glascow, en location chez les consommateurs et ceux-ci se montrent très satisfaits de la marche des appareils et de l'économie du système employé.

(1) *Electrician*, 31 mars 1922, t. LXXXVIII, p. 368-384, 16 fig.

Avantages de la cuisinière électrique. — On a beaucoup insisté sur les avantages du chauffage électrique sur le chauffage au charbon et au gaz. Ils sont évidents quand on laisse de côté le coût de l'énergie électrique qui jusqu'à présent a été prohibitif pour ce mode d'utilisation. Cependant, quelques compagnies de distribution anglaises ont été amenées à consentir des réductions de tarif pour l'énergie utilisée dans les travaux domestiques et, en particulier, pour la cuisson des aliments, quand elles ont reconnu les avantages que pouvaient leur procurer ce genre de charge. Une cuisinière moyenne rapporte facilement autant et même davantage qu'une installation de lumière, de fers à repasser, d'aspirateurs, etc., en consommant de 1 500 à 2 000 kw h par an, et sa charge maximum, aux heures des repas, est généralement en dehors des pointes. A Glascow, moyennant un loyer de 2 livres par an, la cuisinière est livrée tout installée, avec la canalisation nécessaire, un interrupteur de 30 a avec fusibles et une bouilloire électrique. La figure 1 montre une de ces installations.

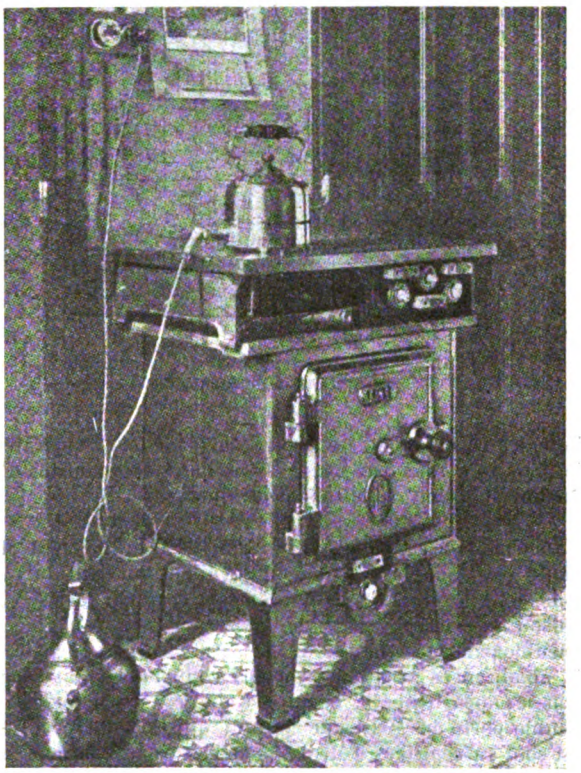


Fig. 1. — Cuisinière électrique installée.

Dans maints endroits ces cuisinières ont remplacé les fourneaux à gaz.

Matétiel domestique équipé électriquement. — Une exposition de ce matériel qui vient d'avoir lieu à Londres a montré les progrès réalisés dans cette voie pendant ces dernières années. On y remarquait des cuisinières électriques de tous modèles; des grilles de calorifères, très artistiques, d'un maniement commode et répandant une douce chaleur; des rôtisseurs, combinés avec table de cuisine et appareils à laver la vaisselle très ingénieusement construits pour économiser le temps du personnel et assurer, en même temps,

Digitized by Google

une plus grande propreté. Il faut encore citer une lessiveuse conduite par un moteur de 1/4 de cheval par l'intermédiaire d'un embrayage qui inverse le sens de rotation du cylindre pendant un tour sur six, avec marche à vide assurée en cas de surcharge ; un autre appareil convenant à toutes les opérations de cuisine : lavage de la vaisselle, du linge, polissage des couteaux et servant aussi à malaxer la pâte, à hâcher la viande, à cirer les chaussures. La figure 2 le représente. Enfin, on pouvait voir à cette exposition des variétés diverses

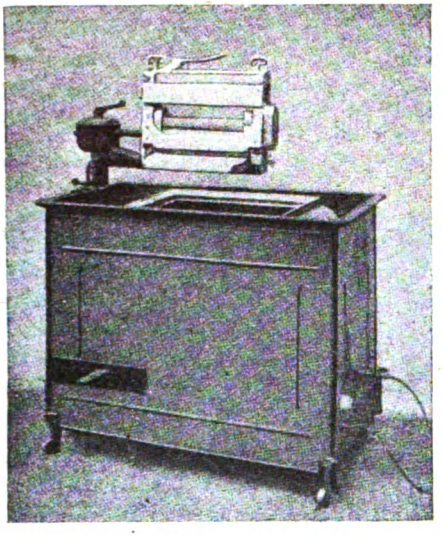


Fig. 2. — Le « Mulparvo » appareil électrique pour travaux de cuisine.

de fers à repasser, de polissoirs de plancher, d'aspirateurs de poussière mus par de petits moteurs et quantités d'ustensiles de toilette chauffés électriquement.

Equipement électrique des meubles. — L'équipement électrique des meubles est une innovation qui date de 1915, mais dont l'extension a été retardée par la guerre. Une maison américaine vient d'exposer de nouveau tout un ameublement ainsi équipé. Il faut, pour utiliser ce matériel, de nombreuses prises de courant convenablement placées dans les appartements, ce qui est un gros inconvénient. Le meuble porte des prises de courant qui lui sont propres et qui sont susceptibles d'être connectées par un cordon en fil souple à l'une des prises de l'appartement.

Ainsi le lit (fig. 3) possède trois prises de courant propres, placées sur le côté gauche et pouvant servir pour une lampe de lit, un coussin chauffé, un ventilateur, une bouillotte, ou pour le déjeuner du matin.

La table de toilette a quatre prises : pour une petite lampe, un fer à friser, un ventilateur, un sécheur de cheveux.

La table de la salle à manger est connectée à une prise de courant sur le plancher et ses propres prises sont sur les bords, etc.

Les fabricants de ce matériel ne tarissent pas sur les avantages qu'il peut apporter dans les services domestiques, mais sont muets ou à peu près sur les inconvénients d'ordre technique qu'il soulève.

Location des appareils. — On peut dire que, dans le champ des applications de l'électricité aux usages domestiques, nous sommes actuellement dans la position où nous étions il y a quelque temps vis-à-vis de la puissance motrice. Avant que le consommateur ait eu l'occasion de faire des essais fructueux, il ne reconnaîtra pas les avantages de l'électricité appliquée à ce domaine et ne sera pas disposé à acheter des appareils qu'il s'obstinera à regarder comme des expériences coûteuses, que les réclames faites par les commerçants ne suffisent pas à confirmer. Il faut, pour l'engager avec confiance dans cette voie, que les sociétés de distribution prennent l'initiative de louer les appareils d'usage courant. Cette location ne présentera pas les mêmes inconvénients que la location des moteurs ; pour la puissance motrice, en effet, le coût des canalisations étant plus élevé, les pertes sont plus considérables si le service est interrompu ; les appareils d'usage domestique, au contraire, seront souvent placés dans des locaux déjà électrifiés et donneront un revenu supplémentaire immédiat sans dépenses de première installation.

Les appareils les plus susceptibles d'être loués sont les fers, bouilloires, les calorifères et les cuisinières. Les appareils tels que : aspirateur de poussière, machine à laver le linge, la vaisselle, machine à polir, etc., ne doivent pas être loués en raison de leur faible consommation et, si l'entretien fait partie du bail de location, à cause du stock très varié de pièces de rechange qu'ils nécessitent.

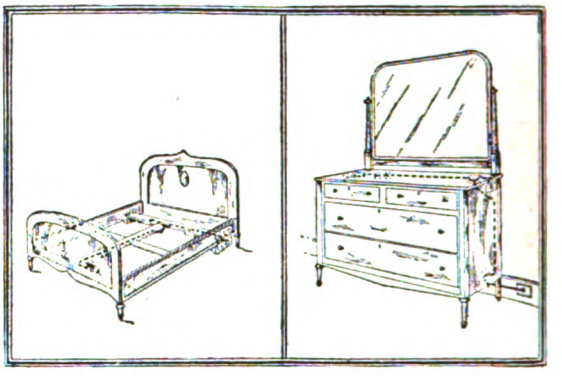


Fig. 3. — Schéma montrant les connexions d'un lit et d'un buffet équipés électriquement.

Les cuisinières doivent être considérées à part. Il ne faut pas que le prix de location en soit aussi élevé que celui des autres appareils, sa consommation journalière étant plus lucrative ; on s'efforcera, au contraire, à en abaisser le prix le plus possible pour en répandre l'emploi.

Le bail doit comprendre l'entretien des appareils par la société : la confiance qu'elle accorde ainsi à son matériel impressionne favorablement le consommateur. D'ailleurs, l'entretien des appareils modernes coûte si peu qu'il ne peut y avoir aucune hésitation à ce sujet. On peut limiter le stock des pièces et appareils de rechange en imposant quelques types seulement d'appareils.

La publicité doit être évidemment à la base d'un pareil système, avec la réduction des tarifs de vente d'énergie.

Ce développement n'ira pas sans difficultés, mais l'expérience qui a été tentée en Amérique et plus récemment en Angleterre est une garantie de succès. — Bo.

Digitized by Google

SECTION ÉCONOMIQUE & FINANCIÈRE

Assemblées générales

Compagnie du Chemin de fer Métropolitain de Paris.

ASSEMBLÉE GÉNÉRALE ORDINAIRE DU 16 JUIN 1922.

C'est pendant l'exercice 1921 qu'a été ratifiée et mise en application la convention nouvelle passée entre la compagnie et la Ville de Paris approuvée par la dernière assemblée générale. (Voir le compte rendu de l'exercice 1920, *R. G. E.*, 5 novembre 1921, t. x, p. 652-654.)

La compagnie demeure, en droit et en fait, le concessionnaire de l'entreprise. Elle continue d'équiper elle-même ses lignes comme superstructure et, comme matériel, elle pourvoit à leur entretien et assure leur exploitation.

Durant l'année dernière, la Ville a remis à la compagnie la ligne n° 3 *ter* et celle-ci a livré cette ligne à la circulation le 27 novembre 1921 (ligne place Gambetta à la porte du Pré-Saint-Gervais). La Ville prolonge la ligne n° 3.

En même temps que la ligne 3 *ter*, la Ville avait livré le tronçon de la première partie de la ligne n° 9 (embranchement du Trocadéro à la porte de Saint-Cloud) compris entre le Trocadéro et le boulevard Exelmans et le tronçon allant de l'Esplanade des Invalides au boulevard Saint-Germain, près de la rue Mabillon. Ces deux parties sont presque terminées.

La Ville de Paris a mis en chantier les travaux de prolongement de la ligne n° 7 au delà du Palais-Royal par les quais jusqu'au pont Louis-Philippe, et ceux du terminus de la ligne n° 9 à la porte de Saint-Cloud.

Elle achève également le raccordement des lignes n° 5 et n° 9.

Enfin, elle prépare un nouveau tronçon de la Ceinture intérieure entre la rue Mabillon et le carrefour de l'Odéon et ceux d'un nouveau prolongement de la ligne n° 7 entre le pont Louis-Philippe et le pont Marie.

Au fur et à mesure de la livraison de ces tronçons, la compagnie en poursuit l'installation.

Les dépenses nécessitées pour leur exécution sont prélevées sur l'avance de 55 millions de francs que la Ville a mise et doit mettre à la disposition de la compagnie; pour le surplus des dépenses, l'assemblée générale du 16 février 1921 a voté l'autorisation d'un emprunt.

La longueur des lignes exploitées a été en moyenne de 78,992 km. Le nombre des trains a été augmenté et la durée du service a été rétablie comme avant la guerre. Le nombre des agents a dû être augmenté depuis l'ouverture de la ligne n° 3 *ter*.

La dépense totale du personnel s'est élevée à 48 178 887,88 fr y compris les primes et indemnités, mais sans la charge de rétroactivité des retraites. En 1920, la dépense n'avait été de 44 964 437,48 fr.

Par contre, la baisse du prix du charbon a amené une diminution dans la dépense d'énergie électrique. De 67 300 000 fr en 1920, elle est descendue à 43 700 000 fr en 1921.

Les dépenses totales d'exploitation ont atteint 107 millions 945 364,40 fr contre 129 334 624,06 fr en 1920.

Les recettes d'exploitation ont été de 147 886 420,35 fr contre 146 608 402,25 fr en 1920.

Les produits de l'exploitation ont donc remonté à 39 millions 941 055,89 fr contre 17 273 838,19 fr en 1920.

Le prélèvement conventionnel de la Ville de Paris sur les recettes s'étant élevé à 25 369 680,08 fr contre 28 millions 028 233,47 fr en 1920, le produit net d'exploitation qui se soldait, en 1920, par un déficit de 10 754 395,20 fr accuse, pour 1921, un bénéfice de 14 571 375,81 fr.

L'élévation de tarifs appliquée depuis le 1er avril 1920 a produit, dans le premier trimestre de l'année 1921, une augmentation de recettes qui n'a été que relative, les effets en ayant été très notablement réduits par le fléchissement de nouveau constaté dans le nombre des voyageurs transportés. Le total des billets délivrés en 1921 accuse, en effet, par rapport au total de 1920, une diminution sensiblement égale à celle que nous avions signalée déjà pour l'exercice précédent : leur nombre n'a été de 424 180 603 contre 465 300 537 en 1920 et 505 169 289 en 1919.

Le compte général des recettes et des dépenses, qu'on trouve mentionné pour la première fois dans les écritures de la compagnie, prend désormais la place qu'y tenait, durant la précédente période des accords provisoires, le compte de gestion. Ouvert d'après les prescriptions et pour l'application de l'article 3 de la convention nouvelle, il doit être crédité et débité respectivement, chaque année, de toutes les recettes et de toutes les dépenses autres que celles de premier établissement qui sont afférentes à la gestion de la concession. Il est débité, en outre, d'une somme égale à celle qui doit revenir à la compagnie pour sa rémunération calculée suivant les stipulations de l'article 4 de la même convention.

Pour l'exercice 1921, le crédit comprend les recettes d'exploitation et produits divers, le produit du placement des fonds de trésorerie disponibles et les intérêts des capitaux improductifs.

Le débit supporte : la redevance à la Ville de Paris sur les billets délivrés soit 25 369 680,08 fr; les dépenses d'exploitation, 107 945 364,46 fr; la 14e annuité versée à la Ville de Paris, 1 444 144,75 fr; les intérêts des fonds appartenant en propre à la compagnie, 858 187 fr; les charges des opérations de trésorerie, 1 069 607,41 fr; les charges des emprunts, 6 989 020 fr; la rémunération de la compagnie qui comprend : *a*) la prime de 0,017 fr par billet délivré, soit 7 208 900,39 fr; *b*) la prime au produit du trafic de 6 pour 100 de la différence recettes — 0,65 sur les dépenses, soit 3 277 408,60 fr; *c*) la prime de moitié de l'excédent des recettes, 124 768,94 fr. Soit un ensemble de 10 611 077,93 fr.

Le débit excède le crédit de 4 878 130,12 fr.

Digitized by Google

La charge de la différence incombe à la Ville de Paris qui en doit le remboursement.

Le compte de profits et pertes comprend au crédit : les intérêts des fonds de la compagnie et la rémunération de la compagnie dont le détail est donné dans le compte général ci-dessus.

Le débit supporte : le dixième et dernier prélèvement pour amortissement sur les frais de prolongation de la société et l'intérêt d'un semestre payé aux actions amorties en plus du dividende de l'exercice écoulé; au total, 72 534,68 fr.

Le solde disponible est de 11 482 042,96 fr.

Ce solde se répartit : 5 pour 100 à la réserve légale, amortissement de 4470 actions, un premier dividende de 3 pour 100 aux 240 510 actions, 8 pour 100 au Conseil et à la direction sur l'excédent des bénéfices, 1 100 000 fr de versement au fonds de prévoyance, un deuxième dividende de 20,50 fr à chacune des 300 000 actions.

Le report à nouveau est de 97 686,56 fr.

Le dividende de 28 fr pour les actions de capital et de 20,50 fr pour les actions de jouissance est payable, sous déduction des impôts, à partir du 1er juillet 1922.

Les actions amorties sont payables depuis cette date.

L'assemblée générale du 16 février 1922 a autorisé, tant en vue de la régularisation des dépenses déjà faites par la compagnie pour des travaux de premier établissement, en excédent des ressources de ses emprunts antérieurs, que pour la continuation des mêmes travaux restant à exécuter sur les lignes futures, l'émission d'obligations nouvelles jusqu'à concurrence d'une somme nette encaissée de 250 millions de francs. Elle a donné au Conseil d'administration tous pouvoirs pour fixer, au fur et à mesure des besoins de la compagnie, les époques et les conditions de cette émission par tranches succesives.

Le Conseil poursuit actuellement auprès des pouvoirs compétents les formalités réglementaires pour l'émission d'une première tranche de 160 millions de francs nets encaissés, jugée nécessaire au règlement de l'arriéré et aux dépenses d'équipement des premières des lignes restant à mettre en service.

Bilan au 31 décembre 1921.

Actif.

	fr
Caisse	508 588,75
Banques	17 972 427,31
Valeurs en portefeuille :	
Emploi d'une partie des réserves appartenant en propre à la compagnie	2 122 971,15
Emploi du Fonds de retraites	1 007 549,30
Ville de Paris et divers :	
Cautionnements	1 465 847,30
Valeurs déposées à la Caisse municipale en exécution de la convention du 29 octobre 1907	2 676 005,57
Impôts sur titres :	
Actions	534 948,60
A reporter	23,888 337,98
Report	23,888 337,98
Obligations	174 479,58
Habitations ouvrières	275 561,85
Divers	349 027,56
Débiteurs divers	8 152 320,72
Inondations de janvier 1910	3 106 922,36
Approvisionnements	6 542 250,92
Compte spécial de guerre (accord provisoire du 8 mai 1919) :	
Solde déficitaire de l'exercice 1918	3 276 461,11
Solde déficitaire de l'exercice 1919	4 882 023,31
Solde déficitaire de l'exercice 1920	20 359 952,17
Comptes de premier établissement :	
Frais généraux et d'administration centrale	7 569 861,19
Intérêts des capitaux improductifs pendant la période de construction	5 790 901,30
Travaux complémentaires d'infrastructure	390 476,79
Voie	39 642 221 »
Stations et accès	35 699 730,99
Usine et sous-stations :	
Terrains	3 459 662,40
Constructions	12 076 856,10
Matériel fixe	16 423 489,52
Divers	1 275 146,26
Distribution de l'énergie	12 346 496,32
Bâtiment d'administration	2 405 103,65
Ateliers de construction	16 930 327,79
Matériel roulant	53 989 763,94
Outillage, petit matériel et mobilier	3 153 618,61
Compte spécial de guerre (premier établissement à ventiler)	15 510 484,23
	300 071 476,96

Passif.

	fr
Capital-actions :	
240 510 actions de capital	60 127 500 »
59 490 actions de jouissance	14 872 500 »
Obligations :	
3,5 pour 100 1906, 35 530 en circulation	23 500 000 »
4 pour 100 1907, 37 580 en circulation	23 750 000 »
4 pour 100 1908, 44 762 en circulation	27 749 760 »
4 pour 100 1910, 42 106 en circulation	25 119 345,45
4 pour 100 1913, 47 842 en circulation	24 880 310 »
Compte spécial de guerre (premier établissement)	17 816 000 »
Fonds de capitalisation des usines	2 676 005,57
Fonds de garantie des rentes viagères et temporaires	636 324,81
Fonds de retraites	4 946 170,41
Créditeurs divers	41 500 921,98
Coupons d'obligations restant à payer	2 238 303,75
Obligations amorties restant à rembourser	3 362 000 »
Fonds et réserves appartenant en propre à la compagnie :	
Réserve légale	5 752 628,64
Fonds de prévoyance	8 393 860,98
Actions amorties et dividendes restant à payer :	
Dividendes non payés	408 303,40
Actions amorties non remboursées	859 500 »
Profits et pertes :	
Solde au 31 décembre 1921	11 482 042,96
	300 071 476,96

Digitized by Google

SECTION DE LÉGISLATION

Législation, jurisprudence, réglementation

Circulaire déterminant le mode de fixation des taxes et redevances dues par les concessionnaires ou permissionnaires d'énergie hydraulique.

Voici le texte de cette circulaire, signée du ministre des Finances, du ministre des Travaux publics et du ministre de l'Agriculture, adressée aux préfets des départements, en date du 16 octobre 1922 et publiée au « Journal officiel » du 24 octobre, pages 10491 à 10494.

Paris, le 16 octobre 1922.

L'absence d'instructions d'ensemble, en ce qui concerne la fixation des redevances fixes ou proportionnelles au nombre de kilowatts-heure produits, dues par les concessionnaires de forces hydrauliques, présente de réels inconvénients au point de vue de la bonne administration de nos richesses hydrauliques. Il importe de donner aux ingénieurs et aux demandeurs en concesion des directives sur le mode de calcul de ces redevances.

D'autre part, la redevance proportionnelle aux bénéfices ou dividendes doit être calculée d'après le résultat de chacune des années antérieures à la revision, et comme les premières usines soumises à ce régime vont être mises en exploitation, il est nécessaire de fixer, dès maintenant, les règles d'après lesquelles sera calculé le bénéfice net annuel.

Enfin, il est apparu que le payement de la taxe de statistique, lorsque les rôles s'élèvent à quelques centimes, impose aux redevables chaque année des dérangements inutiles, et à l'administration des écritures qui ne sont pas en rapport avec l'importance des sommes perçues.

La présente circulaire a pour objet de fixer les directives suivant lesquelles devront être calculées dorénavant ces différentes taxes et redevances.

Elle concerne :

a) Les redevances fixes applicables aux usines concédées ou autorisées sur les cours d'eau du domaine public et sur les canaux et rivières canalisées ;

b) Les redevances proportionnelles applicables à toutes les usines concédées postérieurement au 16 octobre 1919;

c) La taxe de statistique qui frappe sans exception toutes les usines hydroélectriques, quels que soient le cours d'eau sur lequel elles sont situées, leur puissance, la date de leur mise en exploitation ou leur régime administratif.

I. **Usines concédées.** — La rédaction des clauses financières des cahiers des charges des concessions d'énergie hydraulique soulève des difficultés qui proviennent, pour la plus grande part, de l'absence de règles générales uniformes touchant le calcul du montant ou du taux des redevances fixes ou proportionnelles imposées aux concessionnaires par l'article 9 de la loi du 16 octobre 1919. D'autre part, le jeu des revisions périodiques prévues aux articles 45, 45 *bis* et 45 *ter* du cahier des charges type, suppose l'établissement d'écritures extra-comptables dont le cadre, identique pour toutes les concessions, doit être dès maintenant arrêté.

Il importe donc de dégager, comme il a été fait précédemment pour les tarifs maxima et dans le même esprit, les principes généraux qui devront vous guider dans la fixation des charges financières des concessions d'énergie hydraulique, soit pendant les dix premières années, soit lors des revisions successives.

Au surplus, et d'une manière générale, nous appelons votre attention sur le caractère des prescriptions qui suivent : il ne s'agit, à aucun degré, de règles impératives, mais seulement de directions qui montrent dans quel esprit il paraît désirable de solutionner quelques-unes des difficultés soulevées par l'application de la loi du 16 octobre 1919.

A. Règles générales. — § 1er. *Redevance fixe.* (Art. 43 du cahier des charges type). — La redevance fixe, dont la perception n'est prévue que sur les cours d'eau domaniaux, peut être comparée à l'indemité payée sur les cours d'eau non domaniaux, aux propriétaires riverains, pour privation du droit non exercé à l'usage de l'eau.

Le montant annuel en sera fixé à un chiffre qui variera suivant la situation de la chute, sa valeur économique et l'importance des réserves (en eau ou en force) imposées au concessionnaire, entre 0,25 fr et 0,50 fr : par kilowatt de puissance *normale brute* (*p*) indiquée à l'article premier du cahier des charges de la concession.

Le chiffre inférieur (0,25 fr par kilowatt) sera pris lorsque la chute sera peu avantageuse, coûteuse d'installations et d'exploitation et que les réserves atteindront le maximum légal (1/4 de la puissance). Le chiffre supérieur (0,50 fr par kilowatt) lorsqu'il s'agira au contraire d'une chute facile, de rendement favorable et que les réserves seront faibles ou nulles. Entre ces deux extrêmes, on prendra des chiffres intermédiaires en tenant compte aussi équitablement que possible des circonstances de l'affaire, de façon que cette redevance fixe, augmentée de la valeur des réserves ou des autres avantages consentis à l'Etat, représente, autant que possible, la rente que pourrait raisonnablement exiger le propriétaire riverain pour location de ses droits à l'usage de l'eau, s'il s'agissait d'un cours d'eau non domanial.

§ 2. — *Redevance proportionnelle au nombre de kilowatts-heure produits.* — *A.* Pendant les dix premières années. (Art. 44 du cahier des charges type.) — Pendant les dix premières années de la concession, on prendra pour la redevance proportionnelle au nombre de kilowatts-heure produits un taux d'autant moins élevé que les dépenses d'établissement de la chute, telles qu'elles ressortiront du tableau 1 annexé à la circulaire du 24 juillet 1921, apparaîtront plus lourdes. Le taux *minimum* sera de 0 centime 04 par *kilowatt-heure produit* ; il correspond au cas d'une dépense d'établissement égale ou supérieure à 5 000 fr par kilowatt de puissance *normale disponible* (*p'*). Ce taux variera en raison inverse de ladite dépense, de 0,0 05 centime par 500 fr d'écart en moins de 5 000 fr. Toutefois, au-dessous de 2 500 fr par kilowatt, on ne tiendra plus compte des variations du prix d'établissement et le taux de la redevance restera fixé à 0 centime 07 par kilowatt-heure produit.

Le barème ci-après, établi d'après ces règles, donne l'échelle des dépenses d'établissement et des taux correspondants :

Digitized by Google

DÉPENSES D'ÉTABLISSEMENT par kilowatt de puissance normale disponible (en francs)	TAUX de la redevance proportionnelle aux kilowatts-heure produits (en centimes)
De 5 000 fr et au-dessus	0,04
Entre 4 999 fr et 4 500 fr	0,045
Entre 4 499 fr et 4 000 fr	0,05
Entre 3 999 fr et 3 500 fr	0,055
Entre 3 499 fr et 3 000 fr	0,06
Entre 2 999 fr et 2 500 fr	0,065
Entre 2 499 fr et au-dessous	0,07

Si l'on adopte une formule binôme, le taux inscrit dans la deuxième colonne sera celui du premier terme, correspondant à la portion sensiblement permanente de la production de l'usine (en général 40 à 50 pour 100 de l'énergie totale annuelle). Le taux du second terme, correspondant au surplus de la production, sera fixé à la moitié du premier.

La dépense d'établissement, servant à fixer le taux de la redevance proportionnelle, sera celle qui ressortira du calcul fait pour la fixation des tarifs maxima. Toutefois, lors de la première revision du tableau 1 annexé à la circulaire du 24 juillet 1921, c'est-à-dire au moment de la mise en service de l'usine, on pourra modifier le taux primitivement inscrit au cahier des charges, de manière à le faire correspondre, comme il est dit ci-dessus, aux dépenses réelles d'établissement à la charge du concessionnaire.

B. Au delà de la dixième année (art. 45, 45 *bis* et 45 *ter* du cahier des charges type). — Au cours de la onzième année d'exploitation, le taux de la redevance doit être revisé, de manière que la somme perçue par le Trésor, au cours des années suivantes, soit proportionnelle aux dividendes ou bénéfices répartis.

Des modes de revision distincts sont prévus, suivant que la société concessionnaire a, ou non, pour objet principal l'exploitation de l'usine concédée. Mais, sous une apparente diversité, les articles 45, 45 *bis* et 45 *ter* tendent au même but (qui est de calculer la somme à partager avec l'Etat) par une série d'opérations identiques : évaluation de la recette brute, dont on déduit les dépenses d'exploitation et les charges financières.

Les règles qui suivent ont été inspirées, avant tout, par le souci de ne pas entraver le développement des entreprises hydroélectriques, anciennes ou nouvelles, et d'éviter au concessionnaire les inévitables complications qu'aurait entraînées, dans chaque cas, le partage des bénéfices nets tels qu'ils ressortent du bilan annuel. Il a semblé, dès lors, préférable, pour simplifier les revisions, de présenter les comptes suivant un cadre unique, applicable quelle que soit la formule choisie. Ce sera un modèle de déclaration que le concessionnaire devra remplir chaque année, dès la mise en service de l'usine (articles 45 ou 45 *ter*) où à partir de la onzième année, si le mode de partage adopté est celui de l'article 45 *bis*. Cette comptabilité fiscale sera donc entièrement distincte de la comptabilité sociale. Elle aura ses règles propres, ses imputations, en quelque sorte forfaitaires, qui vont être précisées.

Elle comprendra : le compte d'établissement ; celui d'exploitation ; celui du partage des bénéfices :

a) Compte d'établissement (annexe I). — Le compte d'établissement sera dressé, dès la mise en service de l'usine concédée, d'après le modèle (ci-après annexé I). La colonne de gauche du tableau contenant les mêmes rubriques que le tableau 1 annexé à la circulaire du 24 juillet 1921, avec, en plus, l'indication du fonds de roulement présumé égal au tiers des dépenses annuelles, on devra y reproduire les chiffres correspondants de ce tableau après la revision prescrite pour la fixation définitive des tarifs maxima. On inscrira, dans la colonne de droite, pour un total égal, le capital susceptible de rémunération, en distinguant les actions des obligations si l'on a fait le choix de la formule de revision prévue aux articles 45 et 45 *bis*.

Au cours de l'exploitation, ce compte pourra subir des modifications par suite :

1° Du remplacement des ouvrages et du matériel hors d'usage ;

2° Des travaux complémentaires ayant pour but une extension de l'entreprise.

1° Renouvellement. — Chaque année, sur la recette brute, ainsi qu'il est dit ci-après, le concessionnaire est autorisé à prélever une annuité fixe pour le renouvellement des immobilisations périssables.

Ces prélèvements s'accumuleront chaque année à des comptes spéciaux figurant pour ordre à la colonne de droite du compte d'établissement sous la rubrique : « Fonds de renouvellement ». Lorsque le concessionnaire procédera au renouvellement d'une immobilisation, la valeur du remplacement, déduction faite du produit de la vente du matériel usagé, sera imputée tout d'abord au fonds de renouvellement correspondant qui sera diminué d'autant. L'excédent seul viendra en augmentation des chiffres figurant à la colonne de gauche.

2° Travaux complémentaires. — Le montant des travaux complémentaires entrepris d'accord avec l'administration sera imputé tout d'abord sur le compte : « Réserve pour extension de l'entreprise ». L'excédent seul viendra en augmentation des postes correspondants du compte d'établissement. Ce compte de réserve sera alimenté par un prélèvement annuel égal au plus à la moitié du solde du compte d'exploitation restant après la rémunération des capitaux, leur amortissement et le payement des impôts sur les titres pris en charge par la société. Le prélèvement cessera dès qu'il aura atteint, y compris la réserve légale 20 pour 100 du total inscrit à la colonne de gauche.

A la colonne de droite, le compte capital, dont le montant sera toujours égal à celui de la colonne de gauche, distinguera le capital non amorti du capital amorti annuellement par application des articles 45, 45 *bis* et 45 *ter* du cahier des charges type.

Viendront ensuite pour ordre :

a) Le fonds de renouvellement.

b) La réserve légale.

c) La réserve pour extension de l'entreprise.

Pour le calcul du capital investi, ayant droit à rémunération avant tout partage des bénéfices, les réserves ci-dessus (*b* et *c*) seront ajoutées au total des capitaux non amortis figurant dans la première partie de la colonne de droite du tableau.

ANNEXE I. — *Compte de premier établissement.*

ACTIF

I. — Frais improductifs.
- *a*) Frais d'études et de constitution de la société.
- *b*) Frais d'émission, commissions.
- *c*) Intérêts intercalaires,

II. — Concession.
- 1° Terrains ;
- 2° Ouvrages fixes ;
  - *a*) Barrages.
  - *b*) Ouvrages d'amenée et de fuite.
  - *c*) Conduites forcées et vannes.
  - *d*) Bâtiments.
- 3° Matériel hydraulique.

III. — Domaine privé.
- 1° Matériel électrique et de secours ;
- 2° Appareillage électrique ;
- 3° Outillage et mobilier.

IV. — Fonds de roulement.

PASSIF

Capital : { Actions amortissables et non amortissables. / Emprunts sous forme d'obligations amortissables ou autres non amortissables.

Total.....

Digitized by Google

b) Compte d'exploitation (annexe II). — Le compte d'exploitation sera unique pour l'ensemble des usines ayant fait l'objet d'une même concession, c'est-à-dire d'un cahier des charges unique. Il comprendra (annexe II) : au crédit, les recettes d'exploitation ; au débit, les dépenses d'exploitation, d'entretien et de renouvellement du matériel, telles que les énumère le tableau II annexé à la circulaire du 24 juillet 1921.

A — *Recettes d'exploitation.* — L'évaluation, aussi exacte que possible, des recettes d'exploitation (c'est-à-dire des recettes provenant exclusivement de l'énergie supposée vendue à la sortie de l'usine génératrice) doit servir de base à tous les calculs qui vont suivre. Si donc on se trouve dans l'impossibilité de dégager le montant de ces recettes, on renoncera à procéder à la revision de la redevance dont le taux, pour les années suivantes, restera dès lors celui qui avait été fixé à l'origine de la concession.

Il convient de préciser à cet égard les diverses hypothèses qui peuvent se présenter :

1° La société concessionnaire a pour objet principal la vente de l'énergie.

α) *Directement* au public, qui vient prendre le courant à l'usine concédée ; dans ce cas, la vérification des contrats passés avec la clientèle vous permettra de dégager le chiffre de la recette brute.

β) *Directement* au public, mais par l'intermédiaire d'un réseau de transmission ou de distribution exploité par le concessionnaire même de l'usine génératrice. Dans ce cas, le chiffre de la recette brute présumée de l'usine sera établi d'après le prix de vente de l'énergie aux clients du réseau distributeur, en déduisant les frais de transmission, de distribution et le bénéfice correspondant à cette branche d'exploitation.

γ) *Par l'intermédiaire* d'une ligne de transmission ou d'un réseau de distribution exploité par d'autres que le concessionnaire de l'usine génératrice. Dans ce cas, comme dans le cas précédent, le chiffre de la recette brute présumée de l'usine sera établi d'après le prix de vente de l'énergie aux clients (distributeur ou consommateurs directs) en déduisant encore les frais et le bénéfice correspondant à sa transmission et à sa distribution.

S'il apparaît qu'il y ait entente entre le concessionnaire et le client (consommateur ou distributeur pour acheter l'énergie à un prix intentionnellement minoré, vous vous efforcerez, par tous les moyens dont l'administration dispose, de rétablir le prix exact de l'énergie. Dans ce cas, le taux de la redevance, provisoirement et en attendant que les faits aient été établis, restera tel qu'il avait été primitivement fixé par le cahier des charges ;

2° La société a pour objet principal l'utilisation du courant sur place.

Dans ce cas, le prix de vente du courant ne peut être qu'un prix virtuel pour ordre. Comme dans le cas précédent, il ne peut pas y avoir revision sur les bases des articles 45, 45 *bis* et 45 *ter*. Le taux de redevance primitivement fixé sera donc purement et simplement maintenu pour les années suivantes ;

3° La société vend une partie de l'énergie au public (comme aux paragraphes *a*, *b* et *c*, premier alinéa du premier cas ci-dessus) et cède le surplus à des filiales ou l'utilise pour son propre compte : alors, on distinguera deux cas :

Si la société vend au public, dans les conditions prévues ci-dessus, plus de la moitié de l'énergie produite, on admettra que la portion consommée sur place ou cédée à des filiales aura fourni, par kilowatt-heure, la même recette que l'unité d'énergie vendue au public, comme si toute la production était achetée par des tiers.

Au contraire, si la société consomme sur place ou cède à des filiales plus de la moitié du courant produit, il ne sera pas fait de revision et l'on continuera à appliquer le taux de la redevance inscrit à l'article 44 du cahier des charges.

B. Dépenses d'exploitation, d'entretien ou de renouvellement. — Les rubriques figurant au débit du compte d'exploitation sont les mêmes que celles du tableau II annexé à la circulaire du 24 juillet 1921.

Pour les frais généraux, salaires, matières consommables, le concessionnaire devra tenir un compte à part de celles de ces dépenses qui peuvent se spécialiser à l'objet de la concession. Pour les autres, la répartition entre le compte concession et les autres branches de l'exploitation se fera proportionnellement aux charges annuelles correspondant à chacun d'eux.

Les frais d'entretien des objets immobilisés dans la concession seront évalués forfaitairement à 1 ou 2 pour 100 de la valeur pour laquelle chacun d'eux figure au compte d'établissement. Il en sera de même des frais de renouvellement pour lesquels les taux suivants pourront être adoptés :

Conduites forcées et vannes métalliques, 3,3 pour 100 (durée 30 ans).

Turbines et alternateurs, 6,6 pour 100 (durée 15 ans).

Appareillage électrique, 10 pour 100 (durée 10 ans).

ANNEXE II. — *Compte d'exploitation.*

DÉPENSES D'EXPLOITATION

a) Frais généraux :
Direction et frais de service.
Impôts, assurances, redevances.
b) Salaires.
c) Matières consommables.
d) Entretien et réparation :
Ouvrages fixes.
Conduites et vannes.
Matériel électrique.
Matériel hydraulique.
Lignes et appareillage.
e) Renouvellement :
Conduites et vannes.
Matériel électrique.
Matériel hydraulique.
Lignes et appareillage.
Solde.

RECETTES BRUTES D'EXPLOITATION

. . . . . .
. . . . . .
. . . . . .

3° Compte de partage des bénéfices. — Le compte de partage des bénéfices (annexe III) comprendra, au crédit, le solde du compte d'exploitation ; au débit, l'intérêt des capitaux immobilisés portés au compte d'établissement ; l'amortissement correspondant ; les impôts pris en charge par la société ; la réserve légale pour le chiffre qui figure au compte annuel de la société et la réserve pour extension de l'entreprise.

Ces trois comptes devront être arrêtés au 31 décembre de chaque année et vous être remis avant la fin du premier trimestre suivant. Ils seront établis par usine ou par groupe d'usines ayant fait l'objet d'une même concession. Les différends qui pourront surgir, au cours de la vérification qui suivra, seront soumis à une commission de trois membres désignés, l'un par le ministre des Travaux publics, le second par le concessionnaire et le troisième par les deux premiers ou, en cas de désaccord, par le président du Comité consultatif des Forces hydrauliques, sur une liste de noms arrêtés par le comité.

ANNEXE III. — *Compte de partage des bénéfices.*

1° Intérêt des capitaux immobilisés.
2° Amortissement des capitaux immobilisés.
3° Impôts pris en charge par la société.
4° Réserve légale.
5° Réserve pour extension de l'entreprise.
Solde à partager.

SOLDE DU COMPTE D'EXPLOITATION

. . . . . .
. . . . . .
. . . . . .

Digitized by Google

ANNEXE IV. — *Comptes d'ordre.*

I. — Fonds de renouvellement :
1° Concession :
a) Ouvrages fixes à renouveler au cours de la concession.
b) Matériel hydraulique.
2° Domaine privé :
a Matériel électrique et de secours.
b) Appareillage électrique.
c) Outillage et mobilier.

II. — Réserves :
Réserve légale.
Réserve pour l'extension de l'entreprise.

4° Fixation de la part de l'Etat. — L'Etat prélèvera tantôt un pourcentage fixe du solde du compte de partage des bénéfices (art. 45 et 45 *ter*), tantôt un pourcentage croissant avec l'importance du superbénéfice par rapport au capital-actions (art. 45 *bis*). Dans le premier cas, la part de l'Etat sera, en général, de 10 pour 100 de la moyenne des soldes du compte de partage des bénéfices au cours des années précédant la revision.

Dans le second cas (art. 45 *bis*), les taux admis seront ceux de 10 pour 100 pour le premier palier, 25 pour 100 pour le second et 50 pour 100 pour le troisième.

5° Minimum de perception. — Les taux minima de la redevance proportionnelle seront uniformément fixés à 75 pour 100 des taux arrêtés pour la première période décennale à l'article 44, ou à 75 pour 100 de la recette qu'assurerait au Trésor le jeu de la redevance primitivement fixée au cas où l'on aurait choisi le mode de revision de l'article 45 *bis*.

B. RÈGLES SPÉCIALES APPLICABLES AUX USINES CONCÉDÉES SUR LES CANAUX OU RIVIÈRES CANALISÉES. — Les règles fixées ci-dessus pour les usines concédées sur les cours d'eau non canalisés sont également applicables aux usines concédées sur les canaux et rivières canalisées. Mais il convient de tenir compte du caractère spécial de la voie navigable et de faire subir en conséquence aux redevances une double correction.

a) D'une part, il faut, en effet, remarquer que l'usage de l'énergie sur les canaux reste essentiellement subordonné aux nécessités du trafic. Il en résulte que l'exploitation de l'usine se trouvera grevée de sujétions qui auront pour effet de diminuer notablement, et quelquefois dans une très forte mesure, la valeur commerciale de l'énergie produite. Pour ne pas accabler l'entreprise sous des charges financières que le prix de vente ne permettrait pas de compenser, vous diminuerez la redevance fixe, telle qu'elle serait calculée s'il s'agissait d'un cours d'eau non canalisé, d'une fraction comprise entre 25 pour 100 et 75 pour 100 de sa valeur pour tenir compte de la dépréciation résultant des sujétions de la navigation.

b) D'autre part, les chutes des canaux ou rivières canalisées résultant de travaux antérieurement faits par l'Etat, tant en ce qui concerne le lit que l'ouvrage de retenue proprement dit, une rémunération équitable de ces travaux doit être ajoutée à la valeur de base de la redevance. On calculera cette majoration, en évaluant, dans chaque cas d'espèce, le bénéfice B que procure à l'usage la jouissance des ouvrages existants et en appliquant un loyer annuel de 6 pour 100 à la somme ainsi trouvée $(\frac{6}{100} B) = I$.

Il conviendra d'ailleurs de retrancher du loyer I ainsi obtenu le montant des frais d'entretien (e) des ouvrages qui, en vertu de la loi de 1807, est laissé partiellement à la charge de l'usinier. Le quotient de cette différence $(I - e)$ par le nombre N de kilowatts-heure annuels représentera la plus-value donnée par l'Etat à l'énergie de la chute du fait de la canalisation : $q = \frac{I - e}{N}$. En conséquence, vous ajouterez à la réserve proportionnelle, telle qu'elle serait fixée s'il s'agissait d'un cours d'eau non canalisé, le terme $q = \frac{(I - e)}{N}$ représentant la plus-value donnée au kilowatt-heure du fait de la canalisation.

II. **Usines autorisées.** — A. *Règles générales.* — Sur les cours d'eau du domaine public, les usines autorisées continueront à acquitter les redevances prévues par la loi de 1898 et le décret du 13 juillet 1906, lequel fixe le montant de la redevance au dixième de la valeur locative de la force motrice brute concédée (ce dernier mot est impropre puisqu'il ne s'agit pas ici de concession véritable, mais d'une simple autorisation). Il importe de remarquer que cette valeur locative d'une force motrice « brute », c'est-à-dire non aménagée, ne saurait en aucun cas, être assimilée à celle des forces motrices prêtes à servir comme celle d'une machine à vapeur ou d'une usine hydraulique existante. Il s'agit, en effet, ici, de forces motrices simplement en puissance, à l'état latent dans une chute d'eau que le permissionnaire devra installer à ses frais ; leur valeur locative est donc beaucoup plus faible et il est essentiel d'en tenir compte dans l'application du décret de 1906.

B. *Règles spéciales applicables aux usines autorisées sur les canaux et rivières canalisées.* — Sur les canaux et rivières canalisées, subsiste également la réglementation antérieure d'après laquelle le ministre des Finances, agissant comme en matière de produits et revenus domaniaux, fixe lui-même, sur les propositions des services techniques, les redevances à imposer, en tenant compte des avantages procurés au permissionnaire. Il importe néanmoins qu'il n'y ait aucune divergence essentielle entre le calcul des redevances suivant que les usines sont autorisées sur les canaux et rivières canalisées ou les autres cours d'eau du domaine public.

En conséquence, il ne paraît pas y avoir lieu de modifier la base de redevance adoptée jusqu'ici pour les usines dont il s'agit, c'est-à-dire le dixième de la valeur locative de la force motrice dans la région considérée. C'est la règle posée par le décret de 1906 ; son extension aux canaux, bien que n'étant pas obligatoire, permettra d'éviter des discordances fâcheuses entre les diverses natures de voies navigables. Mais, dans la fixation de ladite valeur locative, vous ne perdrez pas de vue les remarques précédentes concernant l'usage des ouvrages de navigation et les sujétions qu'il entraîne pour le permissionnaire. Nous renvoyons donc, en ce qui touche le calcul de la redevance fixe applicable aux usines autorisées sur les canaux et rivières canalisées, aux instructions données plus haut en ce qui concerne les usines concédées de la même catégorie en insistant sur ce point que l'Etat a tout intérêt à ne pas décourager les industriels qui se montrent disposés à utiliser les forces perdues aux barrages de navigation malgré leur importance généralement médiocre, les pertes considérables qui se produisent aux ouvrages auxquels il leur est interdit de toucher et les arrêts ou autres inconvénients imposés par les besoins de la navigation.

III. **La taxe de statistique.** — La loi du 16 octobre 1919 dispose, en son article 8, que les entreprises concédées sont assujetties au payement d'une taxe annuelle fixée à 0,05 fr par kilowatt de puissance normale ; l'article 16 étend cette obligation aux usines autorisées ; les articles 16 et 29 imposent également le payement de cette taxe aux usines existantes à la date de promulgation de la loi, aux usines ayant une existence légale, ainsi qu'à celles qui font partie intégrante d'entreprises déclarées d'utilité publique.

Des instructions vous ont été adressées le 22 février 1921 en vue de la mise en application de ces dispositions de la loi, mais, dans la pratique, des difficultés ont surgi touchant notamment la mise en recouvrement de la taxe de statistique des usines dont la puissance normale est très faible. Le payement de la taxe, lorsque les rôles s'élèvent à quelques centimes, impose, en effet, aux redevables, chaque année, des dérangements inutiles et, à l'administration, des écri-

Digitized by Google

tures qui ne sont pas en rapport avec l'importance des sommes perçues.

Dans ces conditions, et bien que la taxe de statistique soit une taxe annuelle aux termes de l'article 8 de la loi du 16 octobre 1919, les ingénieurs, lorsque la somme à percevoir sera inférieure à 1 fr, pourront se contenter de dresser les rôles de perception seulement tous les cinq ans, à la condition de signaler chaque année, les changements qui auraient pu survenir dans la consistance des usines portées sur le dernier rôle. De son côté, la direction des domaines ne fera procéder au recouvrement, par le receveur compétent, que par périodes quinquennales à compter du 1er janvier 1921. Il n'est rien modifié, pour le surplus, à la circulaire du 22 février 1921.

J'adresse directement copie des présentes instructions aux ingénieurs en chef des services des forces hydrauliques.

Le ministre des Finances,
Ch. DE LASTEYRIE.

Le ministre des Travaux publics,
Yves LE TROQUER.

Le ministre de l'Agriculture,
Henry CHÉRON.

Loi assurant l'exécution de l'article 10 de la loi du 20 avril 1916 et de la loi du 23 octobre 1919. (Loi sur la spéculation.)

Voici le texte de cette loi, publiée dans le « Journal officiel » du 22 octobre 1922, p. 10 422.

ARTICLE PREMIER. — L'article 10 de la loi du 20 avril 1916, prorogé par la loi du 23 octobre 1919, continuera d'être appliqué, même après le 23 octobre 1922, pour les infractions commises antérieurement à cette date. Mais le bénéfice, c'est-à-dire l'écart entre le prix de revient ou d'achat et le prix de vente d'un ou plusieurs objets, ne pourra être retenu comme élément constitutif du délit.

ART. 2. — L'article 2 de la loi du 17 juillet 1922, qui étend la grâce amnistielle à certaines catégories de condamnations prononcées en vertu de la loi du 20 avril 1916, est applicable à toutes les condamnations des mêmes catégories, quelle que soit la date des faits qui les ont motivées.

La présente loi, délibérée et adoptée par le Sénat et par la Chambre des députés, sera exécutée comme loi de l'Etat.

Fait à Paris, le 21 octobre 1922.

Projet de loi concernant l'établissement, l'entretien et le fonctionnement des lignes télégraphiques et téléphoniques dans les départements du Haut-Rhin, du Bas-Rhin et de la Moselle.

Voici les textes de l'exposé des motifs et du projet de loi déposé à la deuxième séance de la Chambre des Députés du 22 juin 1922, publiés au « Journal officiel » du 18 octobre 1922, page 1 390 des « Documents parlementaires, Chambre ».

EXPOSÉ DES MOTIFS. — Un décret du 27 mars 1921, rendu sur l'avis du Conseil consultatif d'Alsace et de Lorraine, a étendu aux départements du Haut-Rhin, du Bas-Rhin et de la Moselle la législation française concernant l'exécution des travaux publics.

L'établissement par l'Etat des lignes téléphoniques et télégraphiques, destinées à assurer un service public, constitue l'exécution d'un véritable travail public et est, en effet, resté longtemps soumis aux règles générales du droit commun en matière de travaux publics. Toutefois, le caractère spécial de ces travaux qui se superposent généralement à un travail public déjà existant (routes, chemins de fer, canaux) et n'occasionnant aux propriétaires qu'une gêne limitée assimilable, le plus souvent, à une servitude, et ne présentant que très rarement les caractères d'une véritable dépossession, a amené le législateur à édicter des règles spéciales en ce qui les concerne. En France est intervenue la loi du 28 juillet 1885 sur l'établissement, l'entretien et le fonctionnement des lignes télégraphiques et téléphoniques : en Allemagne, c'est la Telegraphenwegegesetz du 18 décembre 1899.

Le caractère commun de ces deux lois est de simplifier considérablement les règles relatives aux travaux publics, lorsqu'il s'agit des lignes télégraphiques et téléphoniques, tout en donnant à l'administration les droits qui lui sont nécessaires pour l'accomplissement du service public dont elle a la charge. Avec des modalités diverses, la législation française et la législation locale ont sensiblement la même portée.

La loi française s'inspire des principes admis en matière de travaux publics, et comme ceux-ci sont aujourd'hui applicables en Alsace et en Lorraine, il n'y avait que des avantages, au point de vue de la simplification et de l'unification des règles administratives, à étendre également les dispositions spéciales applicables à l'établissement des lignes télégraphiques et téléphoniques. Cette mesure a permis de réaliser une nouvelle étape vers l'unité de législation entre les départements de l'intérieur et ceux de l'Alsace et de la Lorraine.

Les dispositions de la loi française du 28 juillet 1885 pouvaient être appliquées sans difficultés dans les départements recouvrés. Elles sauvegardent, dans une mesure au moins équivalente à celle admise par la législation locale, les droits des usagers des routes, des communes, en ce qui concerne l'utilisation des égouts, et des particuliers en ce qui concerne l'utilisation des immeubles.

Les seules modalités à prévoir pour l'extension à l'Alsace et à la Lorraine visaient les points suivants :

En premier lieu, la préoccupation dominante du législateur français a été de sauvegarder l'inviolabilité des propriétés privées.

A cet effet, il ne permet sur les immeubles que l'établissement d'appuis susceptibles d'être atteints de l'extérieur et interdit, par suite, aux agents de l'administration de pénétrer dans les maisons et propriétés closes. La loi locale ne réserve, au contraire, que les seuls appartements fermés, c'est-à-dire les locaux d'habitation. Il s'ensuivait qu'il était nécessaire, en abrogeant la législation locale, de prévoir que l'administration continuera à jouir des droits qu'elle détient de l'article 12, alinéa 3, de la loi locale du 18 décembre 1899, pour accéder aux installations établies ou autorisées antérieurement au décret du 9 mars 1922.

De même en ce qui concerne le règlement des dommages qui, suivant les principes de la législation française, est dévolu, par la loi du 28 juillet 1885, aux conseils de préfecture, il convenait de prévoir qu'en l'absence de cette juridiction dans les départements désannexés, la compétence appartient au tribunal administratif d'Alsace et de Lorraine.

Tel a été l'objet du décret du 9 mars 1922, qui a reçu l'adhésion du Conseil consultatif d'Alsace et Lorraine et que nous vous demandons de vouloir bien ratifier conformément aux dispositions de la loi du 17 octobre 1919 sur le régime transitoire de l'Alsace et de la Lorraine.

PROJET DE LOI. — Est ratifié le décret du 9 mars 1922 relatif à l'introduction dans les départements du Haut-Rhin, du Bas-Rhin et de la Moselle de la loi du 28 juillet 1885, concernant l'établissement, l'entretien et le fonctionnement des lignes télégraphiques et téléphoniques.

Projet de loi concernant les droits de douane des huiles lourdes et de graissage.

Le « Journal officiel » du 18 octobre 1922 publie, p. 1 394 des « Documents parlementaires, Chambre », l'exposé des

Digitized by Google

motifs et le texte de ce projet déposé à la deuxième séance du 28 juin 1922 de la Chambre des Députés.

Exposé des motifs. — Le décret du 29 juin 1921, portant revision générale du tableau des coefficients de majoration des droits de douanes, a affecté d'un coefficient la plupart des droits du tarif. Il n'a fait d'exceptions qu'à l'égard des matières premières, des denrées d'alimentation et de quelques autres articles au sujet desquels le Gouvernement avait pensé qu'il convenait, pour des raisons spéciales à chacun d'eux, de maintenir le statu quo pendant quelque temps encore.

Parmi ces derniers se trouvent les huiles minérales lourdes et de graissage qui avaient été exemptées de toute majoration douanière pour ne pas surcharger les industries qui les utilisent, tout particulièrement l'industrie automobile qui protestait déjà contre la taxe intérieure de 30 fr par hectolitre, instituée à titre temporaire par l'article 2 de la loi du 9 juillet 1921, pour compenser la différence entre le prix de revient des stocks de l'Etat en essences et le produit de leur cession.

Or, le taux de cette surtaxe a déjà été réduit à 20 fr à partir du 20 octobre 1921 et à 15 fr à dater du 1er janvier 1922. D'autres réductions interviendront encore par la suite.

Le Gouvernement a pensé que rien ne s'opposait plus à appliquer aux huiles minérales lourdes et de graissage une majoration de droits de douane calculée d'après les principes qui ont présidé à l'élaboration du décret du 29 juin 1921, c'est-à-dire suffisante pour restituer, dans une certaine mesure tout au moins, aux droits de douane de 12 fr et de 9 fr les 100 kg, leur incidence d'avant guerre, qui était tombée, du fait de la hausse des prix, à 5 pour 100 environ.

La mesure s'imposait encore par l'intérêt qui s'attachait à protéger contre la concurrence étrangère les produits similaires de la Société de Pechelbronn et par la nécessité de rétablir entre les huiles végétales et les huiles minérales destinées au graissage l'équilibre tarifaire qui se trouvait rompu du fait de l'application du coefficient de majoration 3 aux huiles végétales.

La majoration ne s'appliquera pas, bien entendu, aux résidus dits gas oil, fuel oil, road oil et brais, qui bénéficieront du régime prévu par la loi du 5 août 1919.

On estime, en tablant sur une importation de 2 millions de quintaux, qu'elle procurera au Trésor un supplément de recettes d'environ 36 millions de francs par an.

Conformément aux dispositions de la loi du 6 mai 1916 et de celle du 31 décembre 1921, nous avons l'honneur de soumettre à vos délibérations le projet de loi ci-après, destiné à ratifier le décret du 9 janvier 1922 qui a édicté le coefficient de majoration dont il s'agit.

Projet de loi. — Est ratifié et converti en loi le décret du 9 janvier 1922 qui a complété le tableau des coefficients de majoration des droits de douane en ce qui concerne les huiles de graissage, les huiles lourdes et résidus de pétrole et d'autres huiles minérales, autres que les résidus dits gas oil, fuel oil et road oil et les brais admissibles à un autre régime et que les cokes.

Sur le privilège du Trésor en matière de bénéfices de guerre sur les biens d'un contribuable décédé.

Le « Journal officiel » du 21 octobre 1922 publie, p. 2780 des « Débats parlementaires, Chambre des Députés », la question et la réponse suivantes :

14625. — M. Justin Godart, député, expose à M. le ministre des Finances, que la loi du 25 juin 1920 a créé, au profit du Trésor pour le recouvrement de la contribution extraordinaire sur les bénéfices de guerre, un privilège général s'exerçant sur tous les biens des contribuables et demande : 1° quels sens on doit donner au terme : « contribuables » dont le législateur s'est servi ; 2° à supposer, par exemple, qu'une personne inscrite au rôle de la contribution sur les bénéfices de guerre soit décédée le 10 juin 1920, laissant son fils unique pour seul héritier, si celui-ci sera considéré comme « un contribuable » bien que non inscrit personnellement au rôle de ladite contribution ; 3° si le privilège du Trésor s'exercera, en conséquence, sur les immeubles possédés par le défunt et recueillis par son héritier ; 4° s'il s'exercera sur des immeubles que ce dernier possédait en propre au jour du décès ou qu'il a acquis de tiers depuis lors. (Question du 12 octobre 1922.)

Réponse. — Avant de répondre aux quatre questions posées, il est nécessaire de faire observer que la loi du 25 juin 1920 n'a pas, à proprement parler, créé un privilège nouveau, mais que, pour le recouvrement de la contribution extraordinaire sur les bénéfices de guerre, elle a simplement étendu aux immeubles le privilège que le Trésor tenait de la loi du 12 novembre 1808 et qui, précédemment, ne portait que sur les meubles et effets mobiliers des redevables. Sous le bénéfice de cette observation, les réponses suivantes peuvent être faites aux différentes questions : est « contribuable » au sens de la loi, toute personne qui, du 2 août 1914 au 30 juin 1920, a réalisé des bénéfices exceptionnels ou supplémentaires, susceptibles de donner lieu à une imposition à la contribution extraordinaire sur les bénéfices de guerre. Peu importe que cette personne n'ait pas encore été imposée, le Trésor tient sa créance de la loi qui autorise la perception de l'impôt, non de la décision de la commission de taxation et de la publication d'un rôle, simples formalités administratives ayant pour objets de donner aux agents de recouvrement un titre exécutoire contre le débiteur. L'héritier proprement dit, par opposition avec le « successeur aux biens », est le continuateur de la personne ou du de cujus et normalement succède aux obligations de son auteur. Toutefois même en cas d'acceptation pure et simple ayant pour effet d'obliger l'héritier au payement des dettes de la succession ultra vires hereditatis, le privilège du Trésor ne porte pas sur les biens personnels de l'héritier ; il ne grève que les biens recueillis par ce dernier dans la succession du « contribuable ».

Sur l'application de l'impôt sur les traitements et salaires aux employés et ouvriers n'ayant été occupés qu'une partie de l'année.

Le « Journal officiel » du 21 octobre 1922, publie, page 2780 des « Débats parlementaires, Chambre des Députés » la question et la réponse suivantes.

14596. — M. Aubry, député, expose à M le ministre des Finances qu'aux termes de l'article 26 de la loi du 31 août 1917, concernant l'impôt sur les traitements, salaires, etc., les sommes perçues à ce titre au cours des périodes inférieures à une année, doivent être ramenées à l'année pour le décompte de l'impôt et demande si cette disposition veut dire que le décompte se fera sur ce chiffre ou à l'aide de ce chiffre, en d'autres termes, si la période inférieure à une année, donnant un chiffre de salaires réellement perçu sert à déterminer un chiffre de salaires perçu pour douze mois, chiffre qui servira à déterminer l'impôt, abattement déduit, ou au contraire si ce chiffre pour douze mois sert d'élément pour déterminer proportionnellement quelle part d'impôt doit frapper ce salaire partiel. (Question du 12 octobre 1922.)

Réponse. — La disposition législative dont il est fait mention dans la question n'a pas pour objet de régler les conditions dans lesquelles doit être calculé l'impôt dû par les salariés ayant été occupés moins d'une année, mais uniquement d'astreindre les employeurs à signaler à l'administration ceux d'entre eux dont le salaire, ramené à l'année, dépasse le minimum d'exemption. Ces derniers ne sont d'ailleurs susceptibles d'être assujettis à l'impôt que sur le montant net des rémunérations qu'ils ont effectivement touchées, sous déduction de la fraction de ces rémunérations correspondant au minimum imposable.

Digitized by Google

REVUE GÉNÉRALE DE L'ÉLECTRICITÉ

Organe de l'Union des Syndicats de l'Électricité

réunissant

LA REVUE ÉLECTRIQUE 1904-1916 — LA LUMIÈRE ÉLECTRIQUE 1879-1916

DIRECTEUR : J. BLONDIN, Agrégé de l'Université.

6e ANNÉE. — TOME XII. — N° 20. — 18 NOVEMBRE 1922.

Chronique. — Sur l'application des tarifs maxima prévus aux cahiers des charges des distributions d'énergie. — Le champ magnétique et l'induction magnétique sont-ils de même nature? — Société française des Electriciens. — Bibliographie : Traité de télégraphie électrique, par H. THOMAS; L'organisation sociale des entreprises, par E. ROMANET, p. 753-754.

Section scientifique et technique. — La transmission d'énergie sans onde de retour, par P. BOUCHEROT, p. 755. — Revues analyses et informations ; Sur le régime turbulent, p. 763; Génération par tubes électroniques d'oscillations polyphasées de haute fréquence, p. 764.

Section industrielle. — Sur la détermination de la chute de tension dans les alternateurs polyphasés, par J. BETHENOD, p. 765, — Les accumulateurs électriques d'après les brevets récents, accumulateurs au plomb, par L. JUMAU, p. 767. — L'aspect industriel de l'électrification des campagnes, par E. WATTELET, p. 773. — Revues, analyses et informations : Résistance au roulement et inertie des parties tournantes des locomotives monophasées des chemins de fer alpins de la Basse-Autriche et de la Styrie, p. 777.

Section économique et financière. — Revues, analyses et informations : Convention commerciale entre la France et l'Espagne et extrait du tarif douanier espagnol en ce qui concerne le matériel électrique, p. 779. — Assemblées générales : Compagnie française de Tramways et d'Eclairage électrique de Shanghaï, p. 783; Compagnie lorraine de Charbons, Lampes et Appareillage électriques, p. 784.

Section de législation. — La réforme de la législation sur la propriété industrielle, par FERNAND-JACQ, p. 785. — Législation jurisprudence, réglementation : Sur le payement de la contribution sur les bénéfices de guerre, p. 792.

Sur l'application des tarifs maxima prévus aux cahiers des charges des distributions d'énergie. — Sous ce titre, la « Revue générale de l'Electricité » a publié, dans son numéro du 4 novembre 1922, t. XII, p. 701 à 704, un article de M. A. Foris, docteur en droit, sur la question de savoir si les tarifs maxima sont d'ordre public.

A la suite de cette publication, nous avons reçu d'assez nombreuses remarques au sujet de cette question, ce qui prouve tout son intérêt et sa grande importance.

Cette question a d'ailleurs déjà été examinée par divers jurisconsultes des plus éminents, et l'opinion de ceux-ci est *que les tarifs maxima ne sont pas d'ordre public.*

Cette question est actuellement soumise au Conseil d'Etat. Aussi nous bornons-nous à dire, pour répondre à une question posée par certains de nos correspondants, que l'opinion soutenue par M. Foris n'engage, comme d'ailleurs toute opinion exprimée dans ces colonnes, que lui-même.

Le champ magnétique et l'induction magnétique sont-ils de même nature? Au sujet de cette question, nous recevons la lettre suivante.

Mon cher ami,

J'ai lu avec le plus vif intérêt le mémoire de M. Liénard, publié dans la *Revue générale de l'Electricité* du 14 octobre 1922; j'en emporte l'impression que le désaccord qui subsiste entre nous provient de ce que nous ne parlons pas la même langue.

M. Liénard, en effet, prend comme composantes le champ d'un moment magnétique $\mathfrak{M}$

$$\frac{2\mathfrak{M}\cos\theta}{r^3} \quad \text{et} \quad \frac{\mathfrak{M}\sin\theta}{r^3}$$

alors qu'il résulte immédiatement de la formule fondamentale de Coulomb que, dans un milieu isotrope de perméabilité μ, les valeurs du champ sont celles indiquées ci-dessus, *divisées par* μ.

De même, il résulte de son équation de la page 547 donnant $4\pi\mathfrak{M}$, que la grandeur $\mathfrak{V}$ qu'il dénomme potentiel magnétique est homogène à $\frac{\mathfrak{M}}{r^2}$, alors que le potentiel magnétique usuel devrait comporter en outre μ en dénominateur.

En un mot, il semble résulter de cette étude que M. Liénard appelle *champ magnétique* ce qu'on appelle généralement *induction*. Il n'est pas surprenant, dans ces conditions, que ce qu'il appelle champ et l'induction soient une seule et même grandeur physique.

M. Liénard contestera peut-être l'applicabilité de la loi de Coulomb au magnétisme. Tout en étant d'accord qu'il est préférable de bâtir la théorie du magnétisme sur le champ magnétique d'un courant électrique plutôt que sur des quantités de magnétisme probablement fictives, j'estime que la théorie ainsi constituée doit aboutir à des grandeurs magnétiques dont la nature concorde dans le cas simple d'un

Digitized by Google

milieu isotrope, avec celles qui résultent de la loi de Coulomb. Il me semble fâcheux de prendre les noms attribués aux diverses grandeurs dans la vieille théorie pour les appliquer à des grandeurs de nature différente.

Veuillez agréer, etc.

E. Brylinski.

Société française des Electriciens : Séance du mercredi 8 novembre 1922. — Cette séance fut présidée par M. Marcel Brillouin, président de la Société française des Electriciens. M. Marcel Brillouin fit l'éloge des membres de la Société décédés pendant les vacances et, en particulier, celui de MM. Laporte et Bouty. La parole fut donnée ensuite à M. Marius Lavet pour sa communication « Horloges entretenues électriquement destinées à l'usage courant ».

Les premiers résultats obtenus avec les horloges électriques n'avaient pas donné autrefois tous les résultats qu'on escomptait; aussi beaucoup de personnes sont actuellement persuadées que les horloges électriques sont loin d'égaler les horloges ordinaires. Le conférencier montra qu'il en est autrement et que l'on peut construire actuellement des horloges entretenues électriquement dont les indications varient beaucoup moins que celles des meilleures horloges mécaniques. De plus, l'énergie contenue dans une simple pile, environ 50 w-h, permet le fonctionnement de l'appareil pendant plus de cinq ans, sans qu'on ait à y toucher.

M. Marius Lavet fit ensuite l'étude des conditions de régulation des horloges électriques et exposa les différents procédés utilisés et, en particulier, les systèmes Féry. L'entraînement des aiguilles peut se faire par le pendule lui-même sans aucune difficulté. En résumé, pour l'usage courant, les horloges électriques sont beaucoup plus simples et beaucoup plus robustes que les horloges ordinaires.

La deuxième communication « Les ampoules à rayons X et leur fabrication » fut faite par M. Johannès.

Le conférencier exposa tout d'abord les propriétés des tubes à vide; nous n'insisterons pas sur ce point, la « Revue générale de l'Electricité » ayant publié un grand nombre d'études sur cette intéressante question.

M. Johannès, après avoir décrit en détail les divers éléments entrant dans une ampoule à rayons X et les différentes matières qui les composent, indiquera ensuite les différentes opérations de fabrication et de montage et accompagna son exposé de nombreuses projections et d'un film cinématographique. — H. C.

Bibliographie : Traité de télégraphie électrique, par H. Thomas, inspecteur général honoraire des Postes et des Télégraphes (1). — La première édition de ce traité date de 1894; aussi, en raison des développements considérables survenus depuis cette époque en télégraphie, une refonte complète de cet ouvrage s'imposait. Cette nouvelle édition aurait été donnée depuis quelques années, si la guerre n'en avait retardé considérablement la publication.

L'auteur a rassemblé dans ce livre tous les éléments qui concourent à la réalisation des communications télégraphiques. Il débute par une étude des différentes sources d'énergie utilisées pour le fonctionnement des appareils; il envisage ensuite les différents systèmes imaginés pour la transmission et pour la réception; enfin, en dernier lieu, il étudie les lignes télégraphiques, la propagation des courants dans ces lignes, leurs essais et leur établissement. Les appareils couramment utilisés en France prennent, évidemment, une place importante dans ce livre; cependant l'auteur n'a pas négligé ceux qui trouvent leur application dans les offices étrangers et ceux qui, sans donner lieu aujourd'hui à un service régulier, sont basés sur un principe qui mérite d'être signalé, soit parce qu'il présente des dispositions techniques ingénieuses, soit parce qu'il offre réellement un intérêt historique. Les chapitres consacrés aux lignes ont reçu un développement assez important. Un télégraphiste ne doit pas connaître seulement le matériel qui les constitue et les conditions de leur installation; aussi a-t-on insisté sur les lois de la propagation du courant le long de ces lignes, lois qui doivent être bien connues si l'on veut saisir avec précision le fonctionnement des appareils, comprendre les procédés mis en œuvre pour accroître la vitesse de transmission des signaux et chercher à obtenir une bonne exploitation économique. La question des essais électriques n'a pas été, non plus, négligée; sans lui donner l'ampleur avec laquelle elle est développée dans les traités spéciaux, on a cherché à mettre sous les yeux du télégraphiste l'exposé des connaissances qu'il doit posséder pour pouvoir faire efficacement toutes les mesures courantes.

Dans ses grandes lignes, le programme adopté pour la première édition a été maintenu dans celle-ci; toutefois, les modifications subies par la télégraphie pendant ce dernier quart de siècle ont conduit à des changements importants malgré la conservation du plan général de l'ouvrage. D'autre part, une partie toute nouvelle a été consacrée à un mode de transmission, la radiotélégraphie, qui n'existait pas en 1894 et que les télégraphistes doivent connaître aujourd'hui avec certains détails.

Cet important ouvrage constitue un traité complet sur la question et, bien que l'auteur ait cherché à composer un livre qui soit à la portée de tous, il contient les théories classiques qui, tout en exigeant quelques développements mathématiques, deviennent de plus en plus indispensables pour l'étude de la télégraphie électrique. Une disposition typographique permet au lecteur qui ne veut pas suivre ces calculs, de les passer sans inconvénients; d'autre part, on a multiplié les figures d'ensemble et les dessins schématiques destinés à rendre plus claires les explications et à permettre de bien suivre les descriptions.

Aussi, quoiqu'il s'agisse parfois d'appareils assez compliqués, le lecteur saisira très facilement tous les nombreux détails de mécanismes et toutes les indications relatives à leur fonctionnement. — B. E.

Bibliographie : L'organisation sociale des entreprises, par E. Romanet, administrateur-directeur des Etablissements Joya (1). — C'est la reproduction d'une conférence faite par l'auteur le 1er juin 1922 à l'Institut polytechnique de l'Université de Grenoble. Elle contient l'exposé de l'organisation qui a été réalisée aux Etablissements Joya, à Grenoble, et qui a permis d'obtenir ce triple but : donner au travailleur le moyen de vivre normalement et de faire vivre sa famille; l'assurer du lendemain, en cas de chômage et, enfin, lui donner la certitude de ne pas laisser sa famille dans la misère en cas de maladie, d'invalidité ou de décès.

Cette brochure, qui décrit quelque chose d'existant, est un excellent complément aux nombreux ouvrages théoriques écrits sur ces questions. — B. E.

(1) Un volume, format 28 cm × 19 cm, 1214 pages, 969 figures, édité par la librairie Béranger, 13, rue des Saints-Pères, Paris. Prix : relié, 100 fr.

(1) Une brochure, format 23 cm × 15 cm, 38 pages, en vente au secrétariat de l'Institut polytechnique, 1, rue Général-Marchand, Grenoble.

Digitized by Google

SECTION SCIENTIFIQUE & TECHNIQUE

La transmission d'énergie sans onde de retour

Dans cet article, l'auteur, rappelant d'abord que, dans le cas le plus général, on a avantage à considérer la propagation de l'énergie par courants alternatifs comme résultant de la superposition de deux ondes cheminant en sens inverse, cherche d'abord pour une charge, puis pour toutes charges, de quelle manière on peut supprimer l'onde de retour, dont la présence est, pour le moins, superflue. Il est conduit ainsi à préconiser le mode de transmission à impédance constante et déphasage nul pour toutes charges dont la réalisation est très facile par un aménagement peu coûteux de la ligne et des machines. Les calculs concernant ce mode de transmission sont reportés en annexe.

Dans un précédent article (1), j'ai montré que, parmi plusieurs conceptions physiques possibles du transport d'énergie par courants alternatifs sur les longues lignes, la plus commode, et probablement la seule vraie, paraît être celle de deux ondes (dont chacune est en réalité la somme d'une infinité d'autres) se propageant en sens inverse, avec des vitesses égales, l'onde directe et l'onde réfléchie, et que l'on peut, par cette simple conception, aboutir à une compréhension nette et à des calculs très simples, débarrassés d'imaginaires, du fonctionnement d'un transport d'énergie quelconque, en restant toujours dans la réalité des choses.

En voyant les phénomènes sous cet aspect, une question se pose de suite à celui qui médite un peu : A quoi sert l'onde réfléchie?... Elle ne peut que nuire évidemment ! Si l'on se propose de transmettre de l'énergie d'un point A à un point B, il faut se borner à cela! Il est plus que superflu de faire revenir de l'énergie du point B au point A...

Il n'y a pas besoin de faire de calculs pour être convaincu de suite de cela : le simple bon sens suffit !

Il est certain, à priori, et tous les calculs confirment ce fait, que ce sera toujours la transmission sans onde de retour qui donnera les meilleurs résultats, si l'on fait la comparaison en tenant compte de *tous* les éléments intéressants et, en particulier, de la tension maximum en ligne... et si cette transmission est possible sans artifices trop onéreux.

C'est ce que nous allons rechercher.

Auparavant, nous résumerons en quelques lignes les résultats auxquels nous sommes arrivé, dans l'article précité, pour une transmission quelconque. Les formules sont ramenées à une phase. En appelant :

r, la résistance de la ligne par unité de longueur;
l, sa self-inductance par unité de longueur;
g, sa conductance latérale par unité de longueur;
c, sa capacité par unité de longueur;
U, la tension efficace en un point quelconque;
I, le courant efficace en un point quelconque;
P, la puissance réelle en un point quelconque;
Π, la puissance réactive en un point quelconque,

les relations suivantes donnent les valeurs de ces quatre grandeurs :

$$U^2 = A_1 e^{\alpha x} + A_2 e^{-\alpha x} + B_1 \cos \beta x + B_2 \sin \beta x,$$

$$I^2 = \frac{q}{p}\left[A_1 e^{\alpha x} + A_2 e^{-\alpha x} - B_1 \cos \beta x - B_2 \sin \beta x\right],$$

$$P = \frac{\omega}{\beta}\left(c + l\frac{q}{p}\right)(A_1 e^{\alpha x} - A_2 e^{-\alpha x}) - \frac{\omega}{\alpha}\left(c - l\frac{q}{p}\right)(B_1 \sin \beta x - B_2 \cos \beta x),$$

$$\Pi = -\frac{\omega}{\alpha}\left(c - l\frac{q}{p}\right)(A_1 e^{\alpha x} - A_2 e^{-\alpha x}) - \frac{\omega}{\beta}\left(c + l\frac{q}{p}\right)(B_1 \sin \beta x - B_2 \cos \beta x),$$

e étant la base des logarithmes népériens; ω, la pulsation;

$$p = \sqrt{r^2 + \omega^2 l^2}, \quad q = \sqrt{g^2 + \omega^2 c^2}, \quad m = \omega^2 lc - rg,$$

$$\alpha = \sqrt{\tfrac{1}{2}}\sqrt{pq - m}, \quad \beta = \sqrt{\tfrac{1}{2}}\sqrt{pq + m},$$

$$B_1^2 + B_2^2 = 4 A_1 A_2,$$

$$A_1 = \frac{1}{4}\left(U_0^2 + I_0^2\frac{p}{q}\right) + \frac{\omega}{2}\left[\frac{P_0}{\beta}\left(c\frac{p}{q} + l\right) - \frac{\Pi_0}{\alpha}\left(c\frac{p}{q} - l\right)\right],$$

$$A_2 = \frac{1}{4}\left(U_0^2 + I_0^2\frac{p}{q}\right) + \frac{\omega}{2}\left[\frac{P_0}{\beta}\left(c\frac{p}{q} + l\right) - \frac{\Pi_0}{\alpha}\left(c\frac{p}{q} - l\right)\right],$$

$$B_1 = \frac{1}{2}\left(U_0^2 - I_0^2\frac{p}{q}\right),$$

$$B_2 = \frac{\omega P_0}{\alpha}\left(c\frac{p}{q} - l\right) + \frac{\omega \Pi_0}{\beta}\left(c\frac{p}{q} + l\right)$$

(1) L'aspect physique de la propagation des courants alternatifs sur les longues lignes. *Revue générale de l'Electricité*, 7 octobre 1922, t. XII, p. 499.

Digitized by Google

U_0, I_0, P_0, Π_0 sont les valeurs de U, I, P, Π, pour $x = 0$, à la réception par exemple.

L'onde incidente part de la station génératrice, placée à la distance $x = X$, avec une tension U', donnée par

$$U'^2 = A_1 e^{\alpha x},$$

et un courant I', donné par

$$I' = U' \sqrt{\frac{q}{p}},$$

en *retard* sur U' d'un angle δ, donné par

$$\operatorname{tg} \delta = -\frac{\beta}{\alpha} \frac{cp - lq}{cp + lq}.$$

Tension et courant diminuent en progressant vers la réception, de manière que leur valeur, en un point x quelconque, est celle au départ multiplié par

$$e^{-\frac{\alpha}{2}(X-x)};$$

en même temps, ils sont déphasés de manière que leur retard, en un point quelconque, par rapport au départ est

$$\frac{\beta}{2}(X - x).$$

L'onde réfléchie part de la station réceptrice ($x = 0$), avec une tension U'' donnée par

$$U''^2 = A_2$$

et un courant I'', donné par

$$I'' = U'' \sqrt{\frac{q}{p}},$$

et également en retard sur U'' du même angle δ; *mais* I'' est *renversé* (ou, si l'on préfère, en avance de $\pi - \delta$). Tension et courant de cette onde décroissent comme dans l'autre, de manière que leur valeur en un point x quelconque est celle au départ multiplié par

$$e^{-\alpha x},$$

et sont également déphasés de manière que leur retard, en un point quelconque, par rapport au départ, est

$$\frac{\beta}{2} x.$$

Mais il faut tenir compte, en outre, de ce que l'onde réfléchie ne part pas (de $x = 0$) en même temps que l'onde incidente (de $x = X$); elle part avec un retard ψ donné par

$$\operatorname{tg}\left(\frac{\beta}{2} X - \psi\right) = \frac{B_2}{B_1}.$$

Ceci posé, il est très simple de trouver la tension et le courant efficaces, en un point quelconque de la ligne, par composition géométrique :

U', réduit par

$$e^{-\frac{\alpha}{2}(X-x)},$$

et retardé de

$$\frac{\beta}{2}(X - x),$$

se compose avec U'', réduit par

$$e^{-\frac{\alpha}{2}x},$$

et retardé de

$$\psi + \frac{\beta}{2} x.$$

I', réduit par

$$e^{-\frac{\alpha}{2}(X-x)},$$

et en retard de

$$\frac{\beta}{2}(X - x) + \delta,$$

se compose avec I'', réduit par

$$e^{-\frac{\alpha}{2}x},$$

et en retard de

$$\psi + \frac{\beta}{2} x + \delta.$$

La tension et le courant étant ainsi obtenus en chaque point avec leur phase et, par conséquent, leur différence de phase, les puissances réelle et réactive s'en déduisent et peuvent, d'ailleurs, être vérifiées par les formules ci-dessus, ou par celles-ci

$$P = \sqrt{\frac{p}{q}} \left[(U'^2 e^{-\alpha(X-x)} - U''^2 e^{-\alpha x}) \cos \delta - 2 U' U'' e^{-\frac{\alpha}{2}X} \sin\left[\beta\left(\frac{X}{2} - x\right) - \psi\right] \sin \delta \right].$$

$$\Pi = \sqrt{\frac{p}{q}} \left[(U'^2 e^{-\alpha(X-x)} - U''^2 e^{-\alpha x}) \sin \delta + 2 U' U'' e^{-\frac{\alpha}{2}X} \sin\left[\beta\left(\frac{X}{2} - x\right) - \psi\right] \cos \delta \right].$$

Fonctionner sans onde de retour, c'est avoir $U'' = 0$ (et aussi $I'' = 0$ par conséquent). Cela entraîne $A_2 = 0$, et comme

$$B_1^2 + B_2^2 = 4 A_1 A_2,$$

Digitized by Google

cela entraîne aussi

$$B_1 = 0 \quad \text{et} \quad B_2 = 0.$$

Tension, courant et puissances prennent alors des formes exponentielles très simples

$$U^2 = A_1 e^{\alpha x}, \quad I^2 = \frac{q}{p} A_1 e^{\alpha x}, \quad P = \frac{\omega}{\beta}\left(c + l\frac{q}{p}\right) A_1 e^{\alpha x},$$

$$\Pi = -\frac{\omega}{\alpha}\left(c - l\frac{q}{p}\right) A_1 e^{\alpha x}.$$

Et l'on a partout

$$\begin{cases} \dfrac{U}{I} = \sqrt{\dfrac{p}{q}} = \text{constante} \\ \dfrac{\Pi}{P} = \operatorname{tg}\varphi = \text{constante}. \end{cases}$$

Mais la condition $B_1 = 0$ oblige à avoir

$$\frac{U_0}{I_0} = \sqrt{\frac{p}{q}},$$

c'est-à-dire que le récepteur doit avoir une certaine impédance

$$Z_0 = \sqrt{\frac{p}{q}},$$

qu'on appelle quelquefois l'impédance caractéristique de la ligne.

D'autre part, la condition $B_2 = 0$ oblige à avoir

$$\frac{\Pi_0}{P_0} = -\frac{\beta}{\alpha}\frac{cp - lq}{cp + lq} = \operatorname{tg}\delta.$$

Or $\dfrac{\Pi_0}{P_0}$ est la tangente du déphasage φ_0 du récepteur. Pour fonctionner sans onde de retour, il faut donc que le récepteur ait une impédance égale à l'impédance caractéristique de la ligne, $\sqrt{\dfrac{p}{q}}$ et un déphasage égal à ce que l'on peut appeler le déphasage caractéristique de la ligne, δ.

Voyons alors quels sont les ordres de grandeur des impédances et déphasages des lignes ordinaires à haute tension.

Faisant abstraction de l'effet corona, on peut dire que la conductance latérale est sensiblement nulle, $g = 0$; la résistance est de l'ordre de 0,1 à 1 ohm par kilomètre; la self-inductance de l'ordre de 1 millihenry par kilomètre; la capacité de l'ordre du centième de microfarad par kilomètre.

L'impédance caractéristique est donc comprise entre 300 ohms, pour les lignes de grosse section, et 600 ohms, pour celles de faible section. Quant à l'angle δ, qui, au cas où g est nul, est toujours un angle *d'avance*, il est de quelques degrés pour les lignes de très grosse section et peut approcher de 45° pour les lignes de faible section.

Z_0 et φ_0 étant ainsi donnés par les constantes de la ligne, si l'on veut recevoir à l'arrivée une puissance P_0, par phase, il faut admettre une tension U_0 à l'arrivée, donnée par

$$\frac{U_0^2}{Z_0}\cos\varphi_0 = P_0; \quad U_0 = \sqrt{\frac{P_0 Z_0}{\cos\varphi_0}}.$$

Pour une même puissance à recevoir, la tension à adopter doit être d'autant plus grande que la section de la ligne est plus faible, d'une part, parce que Z_0 est plus grand, d'autre part, parce que $\cos\varphi_0$ est plus petit; elle peut augmenter dans le rapport de 1 à 1,5 environ. Ceci est en harmonie, d'ailleurs, avec le désir de maintenir le rendement de la transmission aussi bon que possible, mais il y a tout de même quelque chose de contrariant dans le fait qu'avec les lignes légères il faut adopter un $\cos\varphi_0$ moins bon !... D'après les formules ci-dessus du fonctionnement avec une seule onde, le déphasage reste constant tout le long de la ligne et égal à φ_0, ce qui est intéressant, mais il serait encore plus intéressant que ce déphasage fût nul partout, puisque, évidemment, la perte en ligne est proportionnelle à $\dfrac{1}{(\cos\varphi_0)^2}$. Il serait aussi avantageux de supprimer ce déphasage, en avant, au récepteur, qui oblige à l'adjonction de moteurs synchrones surexcités; car n'oublions pas que ce qu'il faut, c'est un déphasage en *avant*, qui peut approcher de 45° si l'on veut employer des lignes légères.

Que faut-il pour que le déphasage soit nul aussi bien en ligne qu'au récepteur? Il faut que Π soit nul, ce qui n'est possible que si

$$cp = lq,$$

ce qui revient aussi à

$$cr = lg,$$

très vieille relation indiquée jadis par Heaviside pour les lignes téléphoniques. La conductance latérale g étant à peu près nulle dans les lignes bien faites, cette relation ne peut pas être réalisée sans aménagement spécial. On a déjà indiqué qu'en distribuant le long de la ligne des résistances uniformément réparties, on pourrait amener artificiellement g à la valeur qui satisfait à la relation ci-dessus, mais il est évident que ce remède serait pire que le mal puisqu'on doublerait ainsi les pertes en ligne.

Au lieu de dissiper cette énergie, prise en dérivation, dans des résistances, il est bien plus raisonnable de la restituer à la ligne en série. Pour cela, il suffit de distribuer le long de la ligne des transformateurs, uniformément répartis, dont, pour chacun, le primaire est disposé en dérivation et le secondaire en série. En pre-

Digitized by Google

nant de l'énergie en dérivation, on augmente g et, en la rendant en série, on diminue r; on peut donc arriver à l'équilibre qui correspond à la relation ci-dessus.

Si l'on suppose que l'impédance Z est constante tout le long de la ligne et le déphasage nul, et que l'on installe, tous les kilomètres, un transformateur, dont on négligera provisoirement les pertes réelles et réactives, et dont l'inverse du rapport de transformation soit σ, ce transformateur introduira une tension $U\sigma$ en série dans la ligne en prenant un courant $I\sigma$ en dérivation. Il augmentera donc la conductance latérale d'une quantité $\frac{I\sigma}{U}$ ou $\frac{\sigma}{Z}$ en diminuant la résistance d'une quantité $\frac{U\sigma}{I}$ ou $Z\sigma$. Il suffira donc de donner à σ la valeur résultant de l'égalité

$$l\left(g+\frac{\sigma}{Z}\right)=(r-Z\sigma)\,c,$$

pour réaliser artificiellement la condition voulue. Mais ceci n'a lieu que parce que nous avons supposé le déphasage φ nul; il faut donc aussi que la valeur de Z_0, du récepteur, soit celle qui correspond à ce cas, en l'espèce $\sqrt{\frac{p}{q}}$ et son φ_0 nul aussi.

Ceci fait, Z se maintiendra tout le long de la ligne à la valeur Z_0, si l'on a

$$\sigma=\frac{rc-lg}{2\sqrt{lc}}$$

en même temps que φ se maintiendra à la valeur zéro.

Quel est l'ordre de grandeur de la puissance des transformateurs à installer? Pour $g=0$, σ se réduit à

$$\frac{r}{2}\sqrt{\frac{c}{l}},$$

c'est-à-dire à environ 0,0001 pour une ligne de faible section. La puissance d'un transformateur, dans l'hypothèse d'un appareil à chaque kilomètre, est évidemment $UI\sigma$, soit 0,0001 à 0001 de la puissance transmise; cela veut dire que, pour l'ensemble d'une ligne, la puissance totale des transformateurs à installer ne dépassera pas $\frac{1}{10}$ de la puissance transmise.

Il conviendra, évidemment, de ne pas trop multiplier le nombre des transformateurs pour ne pas augmenter les difficultés de réalisation des enroulements primaires. Il faudra aussi tenir compte de leurs pertes réelles et réactives, que nous avons négligées jusqu'ici : cela se traduira par une petite augmentation de g et de r, une petite augmentation de l et une diminution de c, dont il faudra tenir compte.

Bien que les circonstances les plus avantageuses pour l'emploi d'une ligne dans ces conditions correspondent à un déphasage nul partout, l'addition de tels transformateurs trouve encore son utilité quand le déphasage du récepteur est différent de zéro. Il se peut que, dans certains cas, on préfère ne pas amener le déphasage à zéro à la réception, pour se dispenser d'ajouter des moteurs synchrones surexcités, et qu'on veuille utiliser la ligne avec déphasage, et toujours sans onde de retour.

Lorsque le courant de ligne est déphasé de φ sur sa tension, les transformateurs distribués n'ont pas seulement pour effet de prendre de la puissance réelle en dérivation pour la rendre en série (ou vice-versa si σ est négatif), mais encore de jouer un rôle analogue pour la puissance réactive; les caractéristiques de la ligne sont modifiées ainsi :

r est diminué d'une quantité $Z\sigma\cos\varphi$;

g est augmenté d'une quantité $\frac{\sigma}{Z}\cos\varphi$;

l est diminué d'une quantité $\frac{Z\sigma}{\omega}\sin\varphi$;

et c est diminué d'une quantité $\frac{\omega\sigma}{Z}\sin\varphi$.

Et il en résulte que l'impédance Z_0 qui permet le fonctionnement sans onde de retour est plus petite pour les déphasages en arrière que pour les déphasage en avant.

J'ai porté en annexe les calculs concernant le fonctionnement de la ligne avec transformateurs uniformément répartis dans le cas où φ est quelconque. On y verra que, bien qu'il y ait toujours une influence de φ sur l'impédance à adopter, elle n'est pas grande dans le cas des lignes de forte section. Pour une ligne en aluminium de 300 mm² de section qui a environ 0,1 ohm par kilomètre, Z passe de 420 à 325 ohms quand φ passe de $-\frac{\pi}{4}$ à $+\frac{\pi}{4}$. Pour les lignes de faible section, on ne peut réaliser le fonctionnement sans onde de retour avec des déphasages en arrière même peu importants.

D'autre part, la puissance des transformateurs à installer est beaucoup plus grande quand on veut fonctionner avec déphasage : ainsi, tandis que σ doit être de l'ordre de 0,0001 pour la ligne en question, lorsque l'on veut faire $\varphi=0$, il peut atteindre 0,001, soit dix fois plus, pour des valeurs de φ dépassant 15°.

Toute commande donc de fonctionner avec $\varphi=0$.

Quoi qu'il en soit, on peut, avec un déphasage quelconque, réaliser le fonctionnement sans onde de retour, en adoptant la valeur de σ qui donne satisfaction pour ce déphasage, en même temps que la valeur de Z_0 appropriée.

Il convient alors de remarquer que, lorsque le fonctionnement sans onde de retour est assuré sur une résistance Z_0, il l'est quelle que soit la fréquence; cela, bien entendu, dans la mesure où g, r et σ sont indépendants de la fréquence.

Il en résulte, d'abord, que les variations de fréquence ne seront pas nuisibles, puis que la présence d'harmoniques dans le système sera de moindre influence que lorsque ce mode de fonctionnement n'est pas réalisé, ce qui n'est pas sans intérêt pour lui.

Digitized by Google

On peut évidemment employer, comme transformateurs, toutes les variantes connues de ces appareils.

Dans le cas des lignes polyphasées, les transformateurs peuvent être simples ou polyphasés.

Comme transformateurs simples, on peut employer des transformateurs à mutuelle induction variable d'une manière quelconque pour disposer du rapport σ à volonté.

Comme transformateurs polyphasés, on peut employer des transformateurs à champ tournant à secondaire mobile, avec lesquels, par déplacement du secondaire, on peut encore faire varier σ pour l'ajuster exactement à la valeur voulue. Au premier abord, on est disposé à penser que ces appareils permettront aussi de changer Z_0 par leur influence sur l et c, puisqu'ils permettent de prendre de la puissance réactive en dérivation pour la rendre en série, mais il n'en est rien : ce transfert de puissance réactive ne modifie pas Z_0.

Quel que soit le type de transformateur adopté, il est prudent de le disposer pour pouvoir faire varier σ de manière à tenir compte des changements que peuvent éprouver les constantes linéiques le long de la ligne. Il y a même intérêt, dans certains cas, à faire varier σ automatiquement. Il serait trop long d'entrer ici dans ces détails.

Il est évident qu'au lieu de simples transformateurs, on peut installer aussi des groupes moteurs-générateurs, en particulier, si l'on se propose d'agir sur la self-induction et la capacité de la ligne en même temps. Les machines constituant ces groupes peuvent être synchrones ou asynchrones : si elles sont synchrones, un décalage entre le moteur et le générateur sera nécessaire pour qu'il y ait transfert de puissance réelle ; si elles sont asynchrones, une différence dans le nombre de pôles sera nécessaire, à moins qu'on leur adjoigne des excitatrices spéciales.

Mais, dans tout ce qui a été dit jusqu'ici, on a supposé que la puissance à la réception reste constante. Cette puissance est

$$P_0 = U_0 I_0 \cos \varphi_0 = \frac{U_0^2}{Z_0} \cos \varphi_0 = Z_0 I_0^2 \cos \varphi_0.$$

Si elle est variable, les grandeurs qui entrent dans son expression peuvent varier d'une infinité de manières. Il n'y a que trois cas intéressants à envisager.

1° La tension U_0 doit être maintenue constante, c'est-à-dire que l'énergie est distribuée par dérivations. Le quotient $\frac{Z_0}{\cos \varphi_0}$ doit varier en raison inverse de la puissance demandée et on ne peut avoir, en principe, la transmission sans onde de retour que *pour une seule charge* avec *une* valeur de σ. Si la charge est peu variable, on pourra prendre des dispositions plus ou moins simples pour faire varier σ tout le long de la ligne automatiquement. Si elle est très variable, on s'arrangera de manière que la transmission sans onde de retour soit réalisée pour la charge la plus intéressante à ce point de vue, la plus fréquente, par exemple, ou bien on adoptera les dispositifs de transformation qui sont exposés plus loin ;

2° Le courant I_0 doit être maintenu constant, c'est-à-dire que l'énergie est distribuée en série. Le produit $Z_0 \cos \varphi_0$ doit alors varier comme la puissance et les mêmes observations sont à faire que ci-dessus ;

3° Mais il y a un troisième mode d'utilisation de l'énergie qui permet d'avoir la transmission sans onde de retour à toutes charges, c'est celui dans lequel la réception est maintenue à impédance et déphasage constants, la tension et le courant variant toujours simultanément de manière que leur rapport $\frac{U_0}{I_0}$, ou Z_0, reste constant. Il semble, au premier abord, que ce mode d'utilisation soit difficile à réaliser : il n'en est rien, et ci-après sont indiquées plusieurs variantes de réalisation.

Le premier cas à considérer est celui où on utilise l'énergie en un seul point sous forme mécanique. On disposera à la réception un moteur synchrone qu'on aménagera de manière *que son excitation soit proportionnelle à la tension entre bornes ;* il est aisé de voir que, dans ces conditions, le déphasage de ce moteur est constant ainsi que son impédance. On choisira évidemment de préférence le déphasage nul qui assurera le maximum de rendement, le minimum de chute de tension en ligne et le minimum de dépenses.

Au départ, on installera également un alternateur dont l'excitation sera aussi maintenue automatiquement proportionnelle à la tension aux bornes.

On aura ainsi une transmission d'énergie dans laquelle tension, courant, rendement seront les mêmes que dans une transmission par courant continu au moyen de dynamos-série : la tension n'atteint sa valeur la plus dangereuse qu'à pleine charge, comme dans la distribution à courant constant, et le rendement reste très bon aux faibles charges, contrairement à ce qui se passe avec les systèmes à tension constante et à courant constant.

La réalisation, dans les deux alternateurs, d'une excitation proportionnelle à la tension entre bornes est facile, soit par commutatrices, montées ou non sur l'axe et alimentées en dérivation par transformation, soit par régulateurs automatiques. Il est superflu d'insister.

Si l'on veut pouvoir faire varier le nombre des machines au départ et à l'arrivée, on emploiera des alternateurs à grande réaction. L'utilité, reconnue aujourd'hui, de faire les grandes machines avec de grandes fuites magnétiques, pour diminuer les surintensités de court-circuit, est ici d'accord avec la nécessité de réaliser une grande élasticité de fonctionnement, pour marcher à impédance constante avec une ou plusieurs machines.

A l'arrivée, on peut substituer un moteur asynchrone au moteur synchrone, que ce moteur asynchrone soit ou non muni d'une excitatrice spéciale

Digitized by Google

pour améliorer son facteur de puissance. Il faut, dans ce cas, qu'au départ, le générateur soit muni d'un régulateur maintenant le rapport $\frac{U}{I}$ et le cosinus φ constants.

Si, du point d'arrivée, on doit distribuer de l'énergie électrique, sous forme continue ou alternative, la première solution qui se présente consiste dans l'accouplement, avec le moteur synchrone ou asynchrone, d'une génératrice à tension constante (ou courant constant si besoin est).

Dans le cas du courant continu, cette solution sera incontestablement la plus pratique. Dans le cas des courants alternatifs, on peut critiquer cette interposition de deux machines entre la ligne et les récepteurs, mais si l'on remarque qu'avec les autres systèmes de transmission, eu égard à la longue ligne, il faut installer à l'arrivée un moteur synchrone surexcité restant à vide, dont la puissance est de l'ordre de grandeur de celle transmise, la double transformation ne paraît plus aussi prohibitive.

Et lorsqu'il s'agit d'une longue ligne devant servir de jonction entre deux réseaux, il est évident que, comme il y a déjà, dans chaque centrale, une ou plusieurs génératrices, pour assurer le service de production du réseau, il suffira de caler une machine synchrone sur chaque génératrice pour être prêt aux échanges d'énergie par la longue ligne qui devient ainsi une sorte de liaison mécanique entre les réseaux.

Quoi qu'il en soit, on peut encore éviter cette double transformation en installant à l'arrivée, au lieu de moteur, un transformateur qui, alimenté avec un rapport $\frac{U_0}{I_0}$ constant, donne au secondaire une tension constante (ou un courant constant si besoin est).

D'une façon générale, cette transformation pourra être réalisée au moyen de transformateurs statiques à mutuelle inductance variable à volonté, soit par changement du nombre de spires primaires ou secondaires, soit par déplacement relatif de l'une de ces parties par rapport à l'autre. Ces appareils sont bien connus et il est superflu d'insister sur leur réalisation. La variation de la mutuelle induction pourra être obtenue, soit à la main, soit par des régulateurs automatiques agissant sur servo-moteurs.

Dans le cas des courants polyphasés, la transformation au départ ou à l'arrivée peut être obtenue avantageusement au moyen de combinaisons d'appareils connus sous le nom de transformateurs à champ tournant, ou transformateurs de phase. Un transformateur à champ tournant est, en principe, un moteur à champ tournant dont on rend le rotor immobile. Stator et rotor se comportent alors comme primaire et secondaire d'un transformateur polyphasé. Ces appareils diffèrent cependant des transformateurs polyphasés en ce que, par une variation du calage relatif du secondaire et du primaire, on change les phases des tensions et courants secondaires par rapport à celles des tensions et courants primaires d'où cette autre dénomination de transformateur de phase.

En combinant, soit deux transformateurs à champ tournant, soit un transformateur à champ tournant et un transformateur polyphasé ordinaire, on peut alors réaliser les transformations dont il est question. Il suffit pour cela de coupler en parallèle les enroulements primaires et en série, les enroulements secondaires (ou vice versa) et de donner au décalage que nous appellerons Ψ, une valeur convenable fonction de la charge.

On passera ici sur les détails d'exécution : on conçoit très bien que, si l'on se propose de transformer, par exemple, des courants polyphasés pour lesquels le rapport $\frac{U}{I}$ est constant en courants polyphasés pour lesquels la tension est constante, on pourra faire agir un régulateur de tension sur un servo-moteur qui modifiera le décalage Ψ de telle façon que la tension secondaire ait la valeur voulue. On conçoit de même que, si l'on se propose la transformation inverse, on pourra faire agir un régulateur, analogue aux régulateurs différentiels des lampes à arc, sur un servo-moteur qui donnera à Ψ la valeur convenable pour que le rapport $\frac{U}{I}$ ait la valeur voulue. Ces indications de principe suffisent ici.

Si, alors, les primaires sont en parallèle et les secondaires en série, en alimentant les primaires sous tension constante, les secondaires donneront individuellement des tensions constantes, mais par le déphasage Ψ la tension totale secondaire pourra varier depuis la différence jusqu'à la somme des deux tensions. Au contraire, en alimentant les primaires à $\frac{U}{I}$ constant, le courant secondaire commun pourra être maintenu constant par variation de Ψ.

Si les primaires sont en série et les secondaires en parallèle, en alimentant les primaires avec un courant constant, on pourra maintenir le rapport $\frac{U}{I}$ constant au secondaire. Au contraire, en alimentant les primaires à $\frac{U}{I}$ constant, on pourra maintenir une tension secondaire constante, toujours par la variation de Ψ.

Il est bien évident qu'il n'est pas nécessaire que primaire et secondaire aient exactement les formes qu'ils ont dans les moteurs à champ tournant ; ce ne sont là que des indications de principe. La nécessité de réaliser des tensions très élevées et de réduire les fuites magnétiques conduira vraisemblablement à d'autres formes.

Il n'y a pas de solution exclusive au problème de la transmission de l'énergie par l'électricité ; la transmission à tension constante n'est pas une panacée, parce que, au point de vue économique, les problèmes à résoudre peuvent être très différents.

Ce n'est pas la même chose d'avoir à transmettre, de

Digitized by Google

manière continue et sensiblement constante, de l'énergie d'une région géographique à une autre, c'est-à-dire d'avoir à réaliser un flux d'énergie, continu ou presque, dans un sens déterminé, ou bien d'avoir à relier simplement, par des lignes de jonction, des réseaux de distribution, commercialement indépendants et qui ne cherchent qu'à faire des échanges d'énergie selon certaines nécessités dues aux conditions géographiques et commerciales relatives dans lesquelles ils se trouvent, ou à se porter secours dans certains cas.

Le problème technique n'est pas le même; dans le premier cas, il est tout indiqué de réaliser une transmission à tension constante, dans le voisinage du fonctionnement sans onde de retour; puisque l'énergie doit s'écouler constamment, il faut évidemment rester constamment sous tension. Mais en est-il de même dans le second ? Serait-il raisonnable de couvrir un pays de lignes de jonction à 100 000 ou 200 000 v, constamment sous tension, et ne devant servir à pleine charge que par intermittences, pour relier des réseaux à 30 000 ou 50 000 v ?

Au point de vue de la sécurité, on peut hésiter pour répondre quand on sait combien sont nombreux les accidents sur les lignes aériennes. Si tout le monde s'accorde pour reconnaître que les difficultés de marche en parallèle des stations centrales éloignées ne sont pas, en somme, très considérables, l'accord n'est pas moins parfait sur ce point que la fréquence et la gravité des accidents croissent beaucoup plus vite que l'importance des réseaux et le nombre des stations centrales reliées.

Cette préoccupation des accidents qui immobilisent une plus ou moins grande partie du matériel a, au fond, dominé toutes les discussions de la Conférence internationale des grands Réseaux qui s'est tenue en novembre dernier. Elle s'oppose à la jonction des réseaux par leur périphérie, solution qui se présente le plus naturellement à l'esprit, pour lui faire préférer la jonction par les centres.

Au point de vue économique, la permanence des pleines pertes dans le fer des transformateurs et des machines et des pleines pertes par les isolateurs, les effluves, etc., donne également à réfléchir sur les inconvénients de la jonction à tension constante, concurremment avec l'encombrement de puissance réactive de ces lignes de jonction, par le fait de leur capacité.

Serait-il plus raisonnable de relier ces réseaux par des lignes de jonction à courants alternatifs constants, en interposant aux extrémités des dispositifs convenables de transformation, tels que ceux connus depuis trente ans ?

Peut-être, puisque l'on supprimerait déjà tous les ennuis inhérents à la très haute tension dans les périodes de faible charge. Mais, au point de vue économique, la permanence des pertes par effet Joule en ligne et dans tous les circuits remplacerait, avec aggravation peut-être, la permanence des pertes dans le fer et par conduction latérale, et la gêne par la puissance réactive de capacité serait remplacée par celle de la puissance réactive de self-induction.

Il semble donc qu'un système de lignes de jonction dans lequel la tension et le courant seraient *tous deux* faibles aux faibles charges ne présenterait que des avantages réels sur les deux précédents.

Dans un tel système, où la puissance serait à chaque instant proportionnelle au carré de la tension, ou au carré du courant, puisque courant et tension varient parallèlement, les pertes dans le fer et dans le cuivre ayant la même allure générale, le rendement resterait sensiblement indépendant de la puissance, c'est-à-dire très bon à toutes charges.

Et quant aux puissances réactives, il se trouve justement, ainsi que nous l'avons vu, que c'est ce système seul qui permet de s'en débarrasser et de réaliser à toutes charges un facteur de puissance égal à l'unité.

Autrement dit, il se trouve justement que, sur les longues lignes, le mode de fonctionnement qui s'adapte le mieux à toutes les influences complexes en jeu, du point de vue technique pur comme du point de vue de l'exploitant qui recherche le maximum de sécurité avec le minimum de dépenses, est celui sans ondes de retour que l'on peut appeler *à impédance constante et déphasage nul pour toutes charges.*

ANNEXE

On se propose de chercher ici l'influence de transformateurs distribués uniformément, quand le déphasage φ du courant I sur la tension U, n'est pas nul. On négligera toutes les pertes de puissances, réelle et réactive, propres aux transformateurs qui sont supposés distribués à raison de un par kilomètre.

Si nous appelons σ le rapport du nombre de spires de l'enroulement en série dans la ligne (nous dirons secondaire) au nombre de spires de l'enroulement en dérivation (nous dirons primaire), la tension est U aux bornes du primaire et $U\sigma$ aux bornes du secondaire; le courant est I dans le secondaire et $I\sigma$ dans le primaire.

Dans le primaire, le courant $I\sigma$ est en retard de φ sur la tension U; la puissance réelle prise en dérivation est donc $UI\sigma \cos\varphi = P\sigma$ et la puissance réactive $UI\sigma \sin\varphi = \Pi\sigma$.

Dans le secondaire, le courant I est en avance de φ sur la tension $U\sigma$; la puissance réelle restituée en série est donc $U\sigma I \cos\varphi = P\sigma$ et la puissance réactive, $U\sigma I \sin\varphi = \Pi\sigma$.

Comme les puissances réelle et réactive prises en dérivation sont supposées intégralement restituées en série, on a, comme s'il n'y avait pas de transformateur,

$$\frac{dP}{dx} = rI^2 + gU^2; \qquad (1)$$

$$\frac{d\Pi}{dx} = \omega lI^2 + \omega cU^2. \qquad (2)$$

En cheminant le long de la ligne d'une quantité dx,

Digitized by Google

le courant efficace varie de dI par la conductance latérale, la capacité et les enroulements dérivés des transformateurs ; on a donc

$$(P + U^2 g\,dx + P\sigma\,dx)^2 + (\Pi - U^2\omega c\,dx + \Pi\sigma\,dx)^2 = U^2(I + dI)^2;$$

d'où, en négligeant les infiniment petits du second ordre,

$$\frac{dI^2}{dx} = 2(Pg - \Pi\omega c + I^2\sigma). \qquad (3)$$

De même, la tension varie de dU par la résistance, la réactance et les enroulements série des transformateurs ; on a donc

$$(P + rI^2 dx - P\sigma dx)^2 + (\Pi + \omega l I^2 dx - \Pi\sigma dx)^2 = (U + dU)^2 I^2;$$

d'où

$$\frac{dU^2}{dx} = 2(Pr + \Pi\omega l - U^2\sigma). \qquad (4)$$

Posons pour simplifier l'écriture

$$p = \sqrt{r^2 + \omega^2 l^2}, \quad q = \sqrt{g^2 + \omega^2 c^2}, \quad m = \omega^2 lc - rg;$$

puis, dérivons (3) et (4) en remplaçant $\frac{dP}{dx}$ et $\frac{d\Pi}{dx}$ par leurs valeurs en (1) et (2) ; il vient

$$\frac{d^2 I^2}{dx^2} = 2q^2 U^2 - 2mI^2 + 2\sigma\frac{dI^2}{dx}, \qquad (5)$$

$$\frac{d^2 U^2}{dx^2} = 2p^2 I^2 - 2mU^2 - 2\sigma\frac{dU^2}{dx}. \qquad (6)$$

Nous pouvons tirer I^2 de (6), qui n'est ainsi exprimé qu'en fonction de U^2 et de ses dérivées, et le dériver ensuite deux fois. Remplaçant alors I^2, $\frac{dI^2}{dx}$ et $\frac{d^2 I^2}{dx^2}$ dans (5), nous aurons finalement

$$\frac{d^4 U^2}{dx^4} + 4(m - \sigma^2)\frac{d^2 U^2}{dx^2} + 4(m^2 - p^2 q^2)U^2 = 0. \qquad (7)$$

Cette équation ne diffère de celle qu'on aurait sans transformateurs que par le terme $-\sigma^2$ qui entre avec m en coefficient de $\frac{d^2 U^2}{dx^2}$; la solution générale est donc la même que sans transformateurs

$$U^2 = A_1 e^{\alpha x} + A_2 e^{-\alpha x} + B_1 \cos\beta x + B_2 \sin\beta x, \qquad (8)$$

mais avec

$$\alpha^2 = 2\left(\sigma^2 - m + \sqrt{p^2 q^2 + \sigma^4 - 2m\sigma^2}\right),$$

et

$$\beta^2 = -2\left(m - \sigma^2 + \sqrt{p^2 q^2 + \sigma^4 - 2m\sigma^2}\right),$$

valeurs qui deviennent bien celles rappelées au début quand on fait $\sigma = 0$, c'est-à-dire quand on supprime les transformateurs.

Le calcul, dans le cas général, est un peu trop long pour prendre place ici. Comme nous nous proposons de réaliser le fonctionnement sans onde de retour, nous ne rechercherons la valeur de σ que dans ce cas.

La suppression de l'onde de retour fait évidemment disparaître de la formule (8) les termes en $\sin\beta$ et $\cos\beta$; mais comme la relation

$$P^2 + \Pi^2 = U^2 I^2, \qquad (9)$$

vraie en tout point, entraîne aussi la relation

$$B_1^2 + B_2^2 = 4A_1 A_2, \qquad (10)$$

il en résulte que A_2 est nul comme B_1 et B_2 et qu'il ne reste pour l'expression de la tension que

$$U^2 = A_1 e^{\alpha x}.$$

Pour trouver le courant, il nous suffit de l'extraire de la formule (6), et l'on trouve ainsi

$$I^2 = \frac{m}{p^2}U^2 + \frac{\sigma}{p^2}\frac{dU^2}{dx} + \frac{1}{2p^2}\frac{d^2 U^2}{dx^2} = \frac{A_1}{p^2}\left(m + \sigma\alpha + \frac{\alpha^2}{2}\right)e^{\alpha x}.$$

Quant aux puissances, on les obtient facilement par intégration des formules (1) et (2)

$$P = \frac{A_1}{\alpha}\left[\frac{r}{p^2}\left(m + \sigma\alpha + \frac{\alpha^2}{2}\right) + g\right]e^{\alpha x},$$

$$\Pi = \frac{A_1}{\alpha}\left[\frac{\omega l}{p^2}\left(m + \sigma\alpha + \frac{\alpha^2}{2}\right) - \omega c\right]e^{\alpha x}.$$

Le rapport $\frac{U^2}{I^2} = Z^2$ nous donne l'impédance et le rapport $\frac{P}{\Pi} = \operatorname{tg}\varphi$, la tangente du déphasage du courant sur la tension.

Puis l'on trouve aisément

$$Z^2 = \frac{p^2}{m + \sigma\alpha + \frac{\alpha^2}{2}} = \frac{\omega l - r\operatorname{tg}\varphi}{\omega c + g\operatorname{tg}\varphi}, \qquad (11)$$

et

$$\sigma = \frac{\frac{p^2}{Z^2} - m}{\alpha} - \frac{\alpha}{2} = \frac{\frac{p^2}{Z^2} - q^2 Z^2}{2\sqrt{\left(\frac{p}{Z} - qZ\right)^2 + 2(pq - m)}}. \qquad (12)$$

en tenant compte de ce que la formule précédente de α contient φ.

Digitized by Google

Ces formules (11) et (12) nous donnent, la première, la valeur de l'impédance qui, pour un déphasage donné du récepteur, permet le fonctionnement sans onde de retour; la seconde, le rapport de transformation par kilomètre qui donne ce résultat.

A titre d'exemple voici ce que l'on déduit des formules pour une ligne à forte section et pour une à faible section.

Forte section.

$r = 0{,}1$; $l = 1{,}27.10^{-3}$; $c = 9.1.10^{-9}$; $g = 0$.

$\varphi = -\frac{\pi}{4}$, $Z = 420$ ohms, $\sigma = -0{,}66.10^{-3}$;

$\varphi = -7°$, $Z = 380$ id $\sigma = 0$;

$\varphi = 0$, $Z = 375$ id $\sigma = 0{,}11.10^{-3}$;

$\varphi = \frac{\pi}{4}$, $Z = 325$ id $\sigma = 0{,}87.10^{-3}$.

Faible section.

$r = 1$, mêmes valeurs de l, c et g.

$\varphi = -\frac{\pi}{4}$, $Z = 700$ ohms, $\sigma = -0{,}4.10^{-3}$;

$\varphi = -35°$, $Z = 615$ id $\sigma = 0$;

$\varphi = 0$, $Z = 375$ id $\sigma = 1{,}34.10^{-3}$;

$\varphi = 22°$, $Z = 0$, id $\sigma = \infty$.

On voit que, dans le cas d'une ligne à forte section, l'impédance du récepteur qui permet le fonctionnement sans onde de retour varie, en somme, peu avec des déphasages compris entre $-45°$ et $+45°$; le rapport de transformation σ doit lui, au contraire, varier pas mal pour obtenir ce résultat, puisqu'il passe de $-0{,}7$ à $0{,}9$.

On voit aussi que la ligne à faible section ne permet pas le fonctionnement sans onde de retour avec des déphasages en arrière importants.

P. Bouchérot.

Revues, analyses et informations

Sur le régime turburlent.

Dans une note présentée à une des dernières séances de l'Académie des Sciences (1), M. C. Camichel résume des expériences ayant pour objet de mettre en évidence une propriété du régime turbulent qui lui semble nouvelle: c'est le fait que divers obstacles, entièrement différents, placés sur le trajet d'un liquide en mouvement peuvent donner à celui-ci le même degré de turbulence (2) et que ce degré de turbulence ne peut être dépassé.

Voici cette note :

I. — Dans une première série d'expériences, j'ai essayé d'augmenter la turbulence du régime turbulent en interposant sur le trajet du liquide des obstacles divers.

On emploie, par exemple, de longs tubes horizontaux ayant 4,60 m de longueur et 2,3 cm de diamètre intérieur; les mesures sont faites assez loin de l'extrémité amont pour que la turbulence soit constante et indépendante du point considéré; on s'en assure en vérifiant que les pressions se répartissent linéairement suivant la longueur. On dispose, à l'intérieur du tube étudié, des obstacles constitués, par exemple, par des treillis métalliques ayant 2 mm $\times$ 2 mm, ou bien un tampon de 10 cm de longueur, constitué par des grains de charbon de 3 mm à 4 mm de diamètre, ou un faisceau de 16 tubes de verre de 10 cm de longueur et de 4 mm de diamètre intérieur, etc. On mesure la vitesse moyenne W de l'eau dans le tube et la différence H des pressions évaluées sur la génératrice supérieure du tube en des points équidistants éloignés les uns des autres de 50 cm. La courbe ayant comme abscisses W et comme coordonnées H est sensiblement la même, que l'obstacle existe ou n'existe pas; par exemple, en employant un treillis de 2 mm $\times$ 2 mm, la différence des pressions évaluées à 11,7 mm et à 511,7 mm de l'obstacle est $H = 48{,}8$ cm d'eau quand l'obstacle est enlevé, et $H = 48$ cm quand il est mis en place, pour la même vitesse $W = 5$ m par seconde. La seule précaution à prendre dans cette expérience consiste à mesurer les pressions assez loin de l'obstacle pour que les surfaces de discontinuité qu'il produit n'interviennent pas, et de faire toutes les mesures à la même température.

Ces expériences peuvent être interprétées en disant que les obstacles placés sur le trajet du liquide n'en modifient pas la turbulence, ou bien qu'à une certaine distance de l'obstacle l'influence de celui-ci disparait et que les parois du tube et le frottement intérieur du fluide interviennent seuls. Cette seconde interprétation n'est pas conforme à ce que montrent les photographies des filets liquides et à la détermination directe sur ces photographies des distances auxquelles les perturbations causées par l'obstacle se transmettent.

II. — Dans une autre série d'expériences, j'ai produit le régime hydraulique non turbulent (1) et je l'ai altéré par des obstacles divers placés sur le trajet du liquide.

Par exemple, on utilise un tube de cuivre horizontal, muni à son extrémité amont d'un pavillon et ayant 16 cm de longueur et 16,2 mm de diamètre intérieur, contre lequel on dispose successivement une règle plate ayant comme section 51 mm $\times$ 11,5 mm, une grille à barreaux parallèles de 1,5 mm de diamètre écartés de 4 mm, un grillage en fil de fer formé par des carrés de 2 mm $\times$ 2 mm; ces trois objets donnent très sensiblement la même courbe (H, W); les vitesses maxima dans cette expérience sont de 3 m par seconde. Dans les expériences suivantes, on a augmenté la vitesse de l'eau.

III. — Un tube horizontal ayant 6,18 mm de diamètre intérieur et 80 mm de longueur et muni d'un pavillon, plonge par son extrémité amont dans une cuve pleine d'eau; il est muni d'un ajutage latéral permettant de déterminer la différence entre la pression en un point situé sur la généra-

(1) *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 30 octobre 1922, t. CLXXV, p. 743-745.

(2) *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 17 octobre 1921, t. CLXXIII, p. 630.

(1) *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 1920, t. CLXX p. 986; 1921, t. CLXXIII, p. 630.

Digitized by Google

trice supérieure à une distance de 50 mm de l'extrémité aval et la pression atmosphérique; pour détruire le régime non turbulent, on emploie des treillis ayant: 0,9 mm × 0,9 mm, — 0,66 mm × 0,66 mm, — 0,58 mm × 0,58 mm; des toiles diverses, etc.; on place sur le trajet du liquide, par exemple, de 1 à 8 treillis. Les courbes (*H*, *W*) obtenues sont toujours très sensiblement les mêmes. Il faut toutefois, dans ces expériences, que les obstacles produisent une perturbation donnant un phénomène bien défini; on s'en assure en observant le manomètre, ses indications doivent être très régulières; quand les obstacles sont insuffisants, on obtient des régimes instables et irréguliers qui sont constitués, comme le montre l'observation directe des filets liquides, par des mélanges en proportions variables du régime hydraulique non turbulent et du régime turbulent; les valeurs de *H* qu'on obtient alors sont trop faibles. Dans ces expériences, l'influence de l'obstacle persiste sur toute la longueur du tube puisque le régime est toujours turbulent à la sortie, alors que, sans obstacle, dans les mêmes conditions, il n'est pas turbulent.

Sans doute, les deux dernières expériences (II) et (III) sont complexes; *H* ne mesure nullement la perte de charge entre les points étudiés, les tubes étant beaucoup trop courts; mais, l'interprétation la plus simple qu'on puisse en donner, est que le degré de turbulence est le même dans les divers cas.

IV. — Les expériences précédentes, dans les conditions où elles ont été effectuées et pour des vitesses comprises entre 0 m et 8 m par seconde, me paraissent montrer l'existence, indépendamment du régime hydraulique non turbulent, d'un régime turbulent dont la turbulence est indépendante des obstacles qui la produisent et ne peut être dépassée.

V. — Les surfaces de discontinuité, provoquées par des obstacles, ont été produites dans le régime turbulent et dans le régime non turbulent; l'expérience a montré qu'elles étaient les mêmes dans les deux cas pour le même obstacle et la même vitesse de l'eau; ce résultat est conforme aux travaux de M. Boussinesq (*Essai sur la théorie des Eaux courantes*, 1re partie, § I et II) qui a montré que les équations de l'hydrodynamique s'appliquent aux valeurs moyennes locales des vitesses.

Génération par tubes électroniques d'oscillations polyphasées de haute fréquence.

Nous reproduisons ci-dessous une note de M. R. Mesny, présentée à une des dernières séances de l'Académie des Sciences (1).

Si avec *n* triodes on réalise un montage ayant une symétrie géométrique d'ordre *n*, le système ainsi constitué doit être capable de donner naissance, dans des conditions convenables, à un ensemble d'oscillations polyphasées d'un ordre au moins égal à *n*.

Le montage à trois triodes, schématisé sur la figure, permet, en effet, d'obtenir des oscillations triphasées. Les filaments sont en parallèle sur la même source; les trois self-inductions de plaque aboutissent à un point commun P réuni à l'un des pôles du filament à travers une source de haute tension; les trois self-inductions de grille aboutissent de même à un point commun G connecté à l'une des bornes du filament. Des condensateurs C_1, C_2, C_3 relient deux à deux les grilles des différents triodes.

(1) *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 23 octobre 1922, t. CLXXV, p. 691-692.

Les oscillations ainsi obtenues sont stables et se maintiennent pour des différences entre les éléments homologues des circuits atteignant 4 à 5 pour 100, ce qui permet de faire supporter à ces circuits des charges différentes. Quand les écarts entre les mêmes éléments sont plus grands, le système donne naissance à des oscillations de 2 ou 3 fréquences principales, mais les oscillations triphasées à fréquence unique s'accrochent d'elles-mêmes brusquement dès que, en variant les capacités oules self-inductions, on revient dans les limites ci-dessus indiquées.

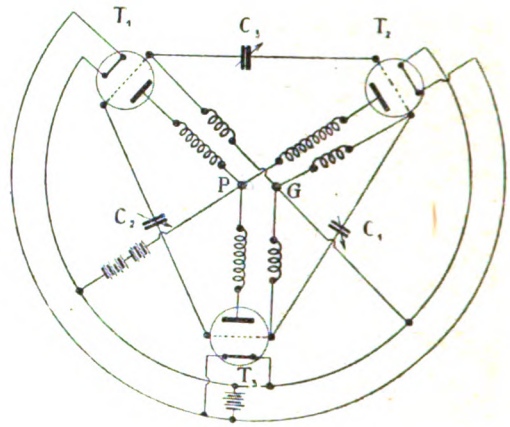


Fig. 1.

L'existence des oscillations triphasées peut être manifestée en réalisant un champ tournant par les mêmes procédés que ceux employés pour les fréquences industrielles, par exemple, en envoyant les trois courants déphasés à 120° dans trois bobines faisant entre elles le même angle de 120°. Une spire de fil très fin suspendue au milieu de ce système se met à tourner rapidement dès l'accrochage du courant triphasé; la rotation peut avoir lieu à volonté dans un sens ou dans l'autre.

Le même champ tournant peut être utilisé à la mesure des phases en haute fréquence.

Si l'on remplace la spire mobile par une bobine orientable, on peut recueillir avec cette bobine une force électromotrice dont la phase dépend de son orientation et pour une construction convenable des bobines fixes et mobiles, les variations de phase de cette force électromotrice sont mesurées par les angles dont on fait tourner la bobine orientable. Elles peuvent donc être lues directement sur un cadran.

En introduisant cette force électromotrice dans un circuit d'écoute, on pourra l'opposer par couplage magnétique ou autre à telle autre force électromotrice de même fréquence et mesurer la phase de celle-ci par la méthode de zéro. On obtient ainsi les différences de phases avec une approximation qui peut dépasser le degré. Les applications en sont nombreuses; par exemple, l'étude des déphasages aux différents étages des amplificateurs est très simple à exécuter.

D'autre part, le système peut être utilisé pour l'émission de champs tournants. Si trois cadres verticaux, orientés à 120° l'un de l'autre, sont parcourus par les trois courants, ils rayonnent un champ tournant ayant pour axe de révolution la verticale qui constitue l'axe de symétrie des cadres. Sur cet axe, la polarisation est circulaire. Sur une droite faisant avec l'axe un angle θ, la polarisation est elliptique; le rapport des axes de l'ellipse est égal à $\cos^2\theta$ et son petit axe rencontre l'axe de révolution. Un tel champ peut être utilisé pour la détermination de la position d'un aéronef par rapport à son champ d'atterrissage par temps bouché.

Le montage indiqué est un montage type qui peut être modifié dans des limites très étendues en conservant la symétrie ternaire.

Digitized by Google

SECTION INDUSTRIELLE

Sur la détermination de la chute de tension dans les alternateurs polyphasés

Il est facile de déterminer l'excitation nécessaire à un alternateur polyphasé pour qu'il fournisse une tension déterminée, avec un débit donné, sur un réseau dont le facteur de puissance est connu ; cette détermination résulte immédiatement, soit du diagramme des deux réactions de M. Blondel, soit du diagramme de Potier (applicable plus spécialement aux machines à inducteur cylindrique). Mais le problème inverse, à savoir : connaître, à excitation constante, la chute de tension correspondant à des charges de grandeur et de nature variables, ne possède pas, à première vue, la même simplicité. Le but de la présente note est de signaler, à ce sujet, une méthode graphique très simple qui paraît peu connue, malgré son évidence.

Nous traiterons successivement deux cas, suivant que l'on emploie le diagramme des deux réactions de M. Blondel ou le diagramme de Potier.

I. Application du diagramme des deux réactions de M. Blondel. — La figure 1 ci-jointe reproduit

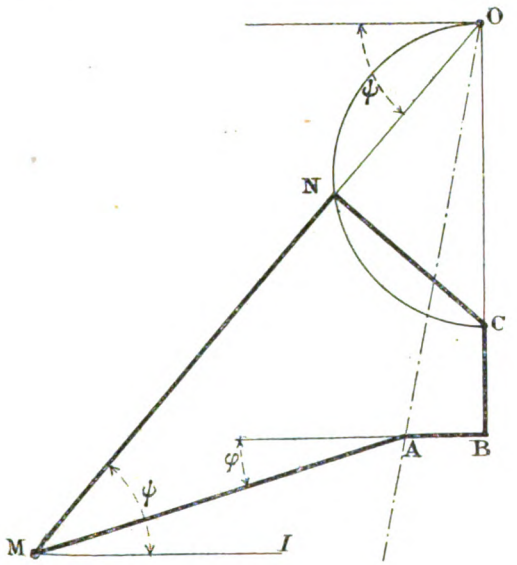


Fig. 1.

ce diagramme, maintenant classique, sur lequel on reconnaît en :

$\overline{MN} = E_d$, la force électromotrice produite par le flux résultant direct ;

$\overline{CN} = E_t$, la force électromotrice produite par le flux transversal ;

$\overline{AB} = RI$, la chute de tension ohmique dans l'induit pour un débit I ;

$\overline{BC} = XI$, la chute de tension inductive représentant l'effet des fuites de l'induit en première approximation ;

$\overline{MA} = U$, la tension aux bornes, présentant un déphasage φ par rapport au courant I.

Il s'agit, pour des valeurs données de I et de φ, de déterminer U, l'excitation de l'alternateur restant constante.

A cet effet, remarquons, tout d'abord, qu'en prolongeant la droite $\overline{CB}$ jusqu'au point de rencontre O avec $\overline{MN}$, on obtient en $\overline{CO}$ une longueur égale à $\frac{E_t}{\cos\psi}$. Si, donc, on admet, suivant une hypothèse généralement acceptée, que la force électromotrice E_t est de la forme $L_t \omega I \cos\psi$; le coefficient L_t étant pratiquement indépendant du débit I, on en déduit que l'hypoténuse $\overline{CO}$ est simplement proportionnelle à ce débit (1).

D'autre part, si, pour une valeur donnée de I, on fait varier l'angle ψ, il est facile de tracer le lieu du point M, le point O étant pris comme pôle. En effet, le lieu du point N est évidemment le cercle tracé sur $\overline{CO}$ comme diamètre et, au moyen de la caractéristique à vide, on connaît la valeur de $\overline{MN} = E_d$ correspondant à chaque valeur de ψ. [Il est à noter d'ailleurs que la corde $\overline{ON}$ mesure, *à une échelle convenable*, les ampères-tours de réaction directe, proportionnels à $I \sin\psi$]. On est bien ainsi en mesure de déterminer le lieu du point M, lorsque ψ varie, pour chaque valeur du débit I ; on pourra donc construire une famille de courbes, correspondant à diverses valeurs de I et rapportées, par exemple, toutes au point O, choisi comme pôle fixe. Remarquons, du reste, que le triangle OBA reste semblable à lui-même lorqu'on passe d'un débit à un autre,

(1) Cette propriété très importante du diagramme de M. Blondel semble avoir été mise en évidence pour la première fois par Sumec : Réaction d'induit dans les alternateurs polyphasés. *L'Eclairage électrique*, 1906, p. 304 et 346.

Digitized by Google

et que, par conséquent, le point A demeure sur la droite OA qu'on peut tracer une fois pour toutes à partir du point O. Cela fait, si on veut connaître la tension U pour un certain déphasage externe φ, il suffit de mener par le point A correspondant au débit considéré une droite faisant l'angle φ en question avec la normale à OB. (Sur la figure, l'angle φ représenté indique une absorption de courant réactif par le réseau.) Cette droite rencontre en M la courbe relative au débit en question, et il suffit alors de joindre MA pour obtenir la tension U cherchée.

En résumé, la méthode exposée ici revient à tracer, une fois pour toutes, une série de courbes, lieux des points M, chaque courbe se rapportant à une valeur déterminée de l'intensité I; le tracé de ces courbes est, d'ailleurs, des plus aisés, ainsi qu'on l'a vu plus haut, et il permet de suivre avec une extrême facilité les variations de la tension aux bornes U lorsqu'on modifie le déphasage externe (c'est-à-dire la nature de la charge). Du reste, en cas d'alternateurs très saturés, travaillant au delà du coude de la caractéristique, on peut admettre, comme bien connu, que la force électromotrice E_d est fonction linéaire du débit réactif $I \sin \psi$ (1). Sur le diagramme de la figure 1, ceci veut dire que le vecteur $\overline{MN} = E_d$ que l'on doit ajouter pour chaque valeur de ψ au vecteur $\overline{ON}$, proportionnel à $I \sin \psi$, est lui-même fonction linéaire de $\overline{ON}$ et que, par conséquent, le lieu du point M est *un limaçon de Pascal* (2). Son tracé devient alors encore plus rapide.

II. Application du diagramme de Potier. — La figure 2 reproduit sous une forme spéciale, quoique évidente, ce diagramme également classique, qui s'applique plus spécialement, comme on le sait, aux alternateurs à inducteur cylindrique.

Ainsi qu'il est bien connu, ce diagramme se compose en réalité de deux triangles, à savoir :

a) Le triangle des forces électromotrices et tensions OHG dans lequel $\overline{OG}$ représente la force électromotrice créée par le flux dû aux ampères-tours résultants A; $\overline{HG}$, la tension aux bornes U et $\overline{OH}$, la chute de tension ZI.

b) Le triangle des ampères-tours OPQ, dans lequel $\overline{OQ}$ représente les ampères-tours résultants A; $\overline{OP}$, les ampères-tours de réaction aI, proportionnels au débit I, et $\overline{PQ}$ les ampères-tours à vide A_0, ou ampères-tours produits par l'enroulement inducteur.

En réalité, la forme spéciale du diagramme ainsi reproduit provient simplement de ce que le triangle des ampères-tours a subi une rotation de $\frac{\pi}{2}$ en arrière, de manière que les vecteurs $\overline{OQ} = A$ et $\overline{OG} = E$ coïncident en direction; on comprendra immédiatement,

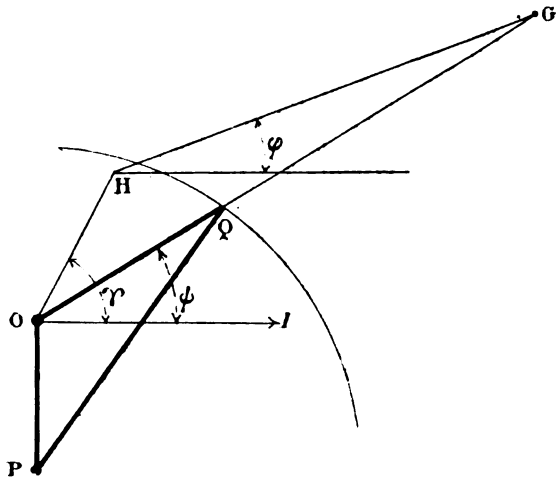


Fig. 2.

par ce qui suit, l'intérêt de cette opération, qui ne modifie d'ailleurs en aucune façon le tracé même des triangles OHG et OPQ.

Sur la figure 2, on peut remarquer de suite qu'en raison de la rotation qui vient d'être signalée, le vecteur $\overline{OP}$ est déphasé de $\frac{\pi}{2}$ en arrière par rapport au courant I; il en résulte que le vecteur $\overline{OH}$ fait un angle égal à $\frac{\pi}{2} + \gamma$ avec le vecteur $\overline{OP}$, l'angle γ étant tel que $\cos \gamma = \frac{R}{Z}$. Il en résulte que, pour un débit I donné, si l'on fait varier l'angle de déphasage ψ entre E et I, les points P et H sont fixes et que le point Q décrit un cercle autour du point P, l'excitation A_0 demeurant constante. Pour chaque valeur de ψ, c'est-à-dire de $\overline{OQ} = A$, on connaît, d'ailleurs, la valeur de $\overline{OG}$, au moyen de la caractéristique à vide; on peut donc tracer le lieu du point G avec la plus grande facilité.

Dès lors, comme sur la figure 1, pour chaque valeur du déphasage externe φ, l'on obtient la tension U correspondante, en menant simplement par le point H une droite, inclinée de cet angle φ par rapport à OI, c'est-à-dire à la normale à $\overline{OP}$, jusqu'au point de rencontre avec la courbe lieu du point G. Une famille de

(1) Comme, d'ailleurs, dans le cas d'un alternateur non saturé.

(2) L'équation du rayon vecteur $\overline{OM}$, rapportée au pôle O, est, en effet, de la forme $a + b \sin \psi$. Rappelons ici que ce genre de courbe a été introduit en Electrotechnique pour la première fois par Sumec (*loc. cit.*) à propos des alternateurs polyphasés *non saturés, travaillant sur un réseau à potentiel constant*.

Plus récemment, l'intérêt du limaçon de Pascal dans le cas d'alternateurs *très saturés*, fonctionnant dans les mêmes conditions, a été signalé par MM. Léauté (*Bulletin de la Société internationale des Electriciens*, avril 1918, p. 147) et Blondel (*Revue générale de l'Electricité*, 12 août 1922, t. XII, n° 6, p. 203).

On voit donc, par ce qui précède, que cette courbe trouve également son emploi dans l'étude du fonctionnement des alternateurs polyphasés à *tension variable*.

Digitized by Google

courbes, correspondant à des débits I variés, suffit donc encore pour résoudre le problème posé.

Il est intéressant de remarquer que, dans le cas où l'alternateur n'est pas saturé, c'est-à-dire où les quantités A et E sont proportionnelles, le lieu du point G est un cercle dont le centre est sur le prolongement de OP et dont le rayon vaut $A_0 \propto \frac{E}{A}$.

On retrouve ainsi immédiatement le diagramme des tensions qu'on peut construire directement d'après la méthode ancienne de Behn - Eschenburg.

Enfin, lorsque la saturation est très accusée, le vecteur $\overline{OG}$ est pratiquement fonction linéaire du vecteur $\overline{OQ}$ dont l'extrémité Q décrit l'arc de cercle de centre P et de rayon PQ ; le lieu du point est alors une *conchoïde de cercle*, qui se réduit à un limaçon de Pascal lorsque les longueurs $\overline{OP}$ et $\overline{PQ}$ sont égales.

J. Bethenod.

Les accumulateurs électriques d'après les brevets récents

Accumulateurs au plomb

En ce qui concerne les perfectionnements apportés à la fabrication des électrodes d'accumulateurs au plomb, on constate que les efforts tendent toujours à alléger le support, tout en augmentant la capacité de la matière active. En particulier, on décrit la machine de The Hazelett-Storage Battery C° qui permet à la fois de préparer des grilles très minces et d'exécuter leur empâtage aussitôt. On s'ingénie beaucoup aussi à empêcher les actions locales et, par suite, la sulfatation, par exemple, en évitant les dépôts d'électrolyte sur le couvercle ; dans l'accumulateur C.-J.-V. Féry, l'électrode négative est placée au fond du bac, ce qui préserve la partie supérieure de l'oxydation au contact de l'air. La question de l'immobilisation de l'électrolyte et de l'étanchéité des bacs a fait aussi l'objet d'un assez grand nombre de brevets, notamment en ce qui concerne les accumulateurs destinés à la traction ou employés sur les voitures automobiles. Signalons encore quelques nouveautés relatives aux séparateurs et aux couvercles.

Electrodes des accumulateurs au plomb et leur fabrication — L'électrode O. Schneider et M. Mugge [1] est cylindrique, mais au lieu de comporter comme à l'ordinaire un conducteur central entouré de matière active, elle comprend une électrode en croix.

Dans le but d'avoir une matière active très poreuse et par conséquent donnant une grande capacité, H. Taillefebre et D. Henry [2] coulent dans des moules à plaques un alliage de plomb et de zinc. Celui-ci est obtenu en mélangeant le plomb et le zinc en quantités proportionnelles à leur poids atomique et en brassant énergiquement à la température de fusion.

En traitant la plaque ainsi obtenue par un acide dilué (sulfurique ou chlorhydrique), le zinc est dissous et il reste le plomb à l'état spongieux.

L'électrode J.-M. Allen [3] comprend deux grilles en plomb empâtées de matière active et soudées face à face avec interposition de petites cales en plomb de façon à laisser entre les deux parties de l'électrode un intervalle dans lequel l'électrolyte peut circuler librement.

Les électrodes de l'accumulateur H.-L. Welch [1] sont des grilles dont les nervures verticales, convenablement espacées, présentent des rainures verticales pratiquées alternativement sur une face et sur l'autre, ces rainures recevant des bandes isolantes et inattaquables destinées à séparer les positives des négatives.

Pour réduire le poids de l'électrode au plomb, J.-G. Chouippe [2] la constitue à l'aide d'un tissu en fils de plomb, ou en fils métalliques (argent, aluminium) recouverts de plomb. L'âme ou support mécanique des fils peut encore être constitué par un fil de matière textile, plombaginé ou non, et présentant une résistance à la traction suffisante pour permettre le tissage du plomb.

J. Janet et E. Morin [3] constituent l'électrode positive de l'accumulateur au plomb en déposant sur un support léger métallique par tous procédés connus de métallisation des couches successives de plomb poreux et de peroxyde de plomb.

On connaît la plaque à spirales constituée à l'aide d'un support en plomb perforé de trous dans lesquels

(1) Electrode pour accumulateurs. *Brevet français n° 518 090*, demandé le 17 janvier 1919, délivré le 24 décembre 1920, publié le 19 mai 1921, 39 lignes, 1 fig.

(2) Procédé de fabrication des plaques d'accumulateurs au plomb. *Brevet français n° 523 294*, demandé le 26 avril 1919, délivré le 18 avril 1921, publié le 16 août 1921, 55 lignes.

(3) Perfectionnements dans les électrodes pour batteries d'accumulateurs. *Brevet français n° 514 910*, demandé le 4 mai 1920, délivré le 19 novembre 1920, publié le 22 mars 1921, 103 lignes, 4 fig.

(1) Accumulateur électrique. *Brevet français n° 515 252*, demandé le 7 mai 1920, délivré le 24 novembre 1920, publié le 16 mars 1921, 141 lignes, 6 fig.

(2) Plaque d'accumulateurs électriques. *Brevet français n° 532 472*, demandé le 24 septembre 1920, délivré le 16 novembre 1921, publié le 4 février 1922, 246 lignes, 4 fig.

(3) Accumulateur électrique. *Brevet français n° 527 959*, demandé le 6 décembre 1920, délivré le 5 août 1921, publié le 3 novembre 1921, 63 lignes.

Digitized by Google

on loge des bandes de plomb enroulées en spirale. Une telle plaque est assez lourde car l'épaisseur du support est la même que celle des spirales.

La Société de l'accumulateur Tudor (1) obtient une plaque plus légère en pratiquant des évidements dans les intervalles des logements des spirales. En ces endroits, le support peut être complètement ajouré ou avoir une épaisseur réduite.

H.-E. Smith (2) augmente la porosité de la matière active en mélangeant aux oxydes de plomb, que l'on malaxe avec l'acide sulfurique, des poils d'animaux. On peut utiliser notamment la laine qu'on débarrasse des impuretés en la traitant par un lait de chaux ou par une solution de sulfite de calcium. On découpe cette laine en fragments de petite longueur (0,4 à 6 mm) et on la mélange dans la proportion de 10 pour 100 en volume à la pâte.

D'après A. Pouchain (1) on peut conserver longtemps à sec les plaques positives au peroxyde de plomb sans qu'il se produise de perte de charge, en les chargeant préalablement au moins une heure dans un électrolyte sulfurique ordinaire additionné de 5 à 10 pour 100 de sulfate d'ammoniaque.

L'accumulateur de la Société The Hazelett Storage Battery Company (2) est constitué à l'aide de grilles très minces (0,8 mm d'épaisseur) empâtées de matière active, de manière à obtenir une très grande capacité et un rendement élevé, en même temps qu'une grande aptitude à décharger à des régimes élevés. La figure 1

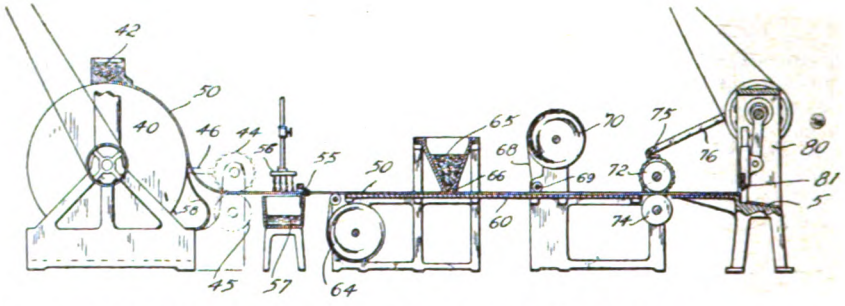


Fig. 1. — Machine à fabriquer les plaques de la société The Hazelett-Storage Battery Co.

montre le procédé de fabrication employé. Le plomb fondu dans le récipient 42 coule sur le tambour 40 muni des saillies correspondant à la forme de la grille et convenablement refroidi. La grille continue détachée du tambour par l'arracheur 58 traverse le guide 55 d'un appareil de refroidissement consistant en un dispositif d'arrosage 56 et un récipient 57. Elle passe ensuite sur un guide 60 sur lequel une bande de papier 62 venant d'un rouleau 64 progresse avec la plaque en formant un support de matière poreuse au-dessous de la bande de grilles. La bande passe sous la vanne d'un récipient de pâte 65 comportant un rebord 66 en contact étroit avec les surfaces supérieures des plaques. La bande de grilles empâtées, serrée entre la bande de papier 62 et la bande de papier 68 provenant du rouleau 70, arrive sous le rouleau 69. Au fur et à mesure de l'avance, l'excès d'humidité de la matière active peut être chassé par compression entre les rouleaux 72, 74, le rouleau 72 étant actionné par le cliquet 75 commandé par une broche d'excentrique prévue sur le volant de la cisaille 80 et reliée par la bielle 76 au bras du rochet. Le couteau mobile 81 de la cisaille divise la bande continue en plaques individuelles.

Dans le montage des plaques ainsi obtenues, les feuilles de papier servent de séparateurs.

Description et montage des accumulateurs au plomb. — En vue d'éviter la sulfatation et de diminuer les actions locales dans l'accumulateur au plomb, L.-A. Hennequin (3), remplace l'eau acidulée sulfurique de l'électrolyte par une solution de sulfate de sodium saturée à 15° C.

En outre, afin d'obtenir l'étanchéité voulue de l'élément utilisé avec une lampe de poche, il adapte sur l'orifice de remplissage une petite soupape maintenue par la pression d'une lame de ressort. La capacité de l'élément rempli de sulfate de sodium croit progressivement jusque vers la sixième charge, puis reste constante.

(1) Electrode d'accumulateur électrique. *Brevet français n° 532 922*, demandé le 29 mars 1921, délivré le 24 novembre 1921, publié le 15 février 1922, 63 lignes, 4 fig.

(2) Perfectionnements aux batteries d'accumulateurs. *Brevet français n° 533 068*, demandé le 30 mars 1921, délivré le 29 novembre 1921, publié le 18 février 1922, 160 lignes.

(1) Procédé pour prolonger la conservation à l'état sec de la charge des électrodes positives à peroxyde de plomb pour accumulateurs électriques. *Brevet français n° 533 685*, demandé le 1er avril 1921, délivré le 19 décembre 1921, publié le 8 mars 1922, 30 lignes.

(2) Accumulateur et son procédé de fabrication. *Brevet français n° 534 261*, demandé le 15 avril 1921, délivré le 3 janvier 1922, publié le 23 mars 1922, 611 lignes, 14 fig.

(3) Perfectionnements aux accumulateurs et application aux lampes électriques de poche. *Brevet français n° 512 133*, demandé le 21 septembre 1916, délivré le 7 octobre 1920, publié le 15 janvier 1921, 100 lignes.

Digitized by Google

C'est encore dans le but de conserver longtemps la charge de son accumulateur au plomb que L.-A. Hennequin (1) emploie comme électrolyte une solution saturée de sulfate de sodium à la température de 15° C et additionnée de 20 g par litre de bicarbonate de sodium.

Pour obtenir le maximum de capacité de son accumulateur, L.-A. Hennequin (2) le charge d'abord dans un électrolyte composé d'une solution d'acide sulfurique à 5° B, ramenée à 20° B par dissolution de sulfate de sodium. On décharge et on ajoute de l'acide sulfurique jusqu'à 28° B, on fait dissoudre 30 g de carbonate de sodium par litre et on effectue une nouvelle charge.

Pour éviter que, dans les batteries à tension élevée, des dérivations ne se produisent entre les tiges des électrodes traversant le couvercle par suite de la mince couche d'électrolyte entraîné par les gaz qui recouvre toujours celui-ci, E-A. Cotté (3) emploie pour chaque accumulateur un bac clos à travers le couvercle duquel passent les tiges d'électrodes et le tube de dégagement gazeux. Le tout est renfermé dans un récipient clos dont le couvercle ne donne passage qu'aux tubes de dégagement de tous les éléments, les tiges des électrodes extrêmes débouchant par les parois latérales. On préserve ainsi les couvercles des éléments de tout dépôt d'électrolyte entraîné.

Comme autre disposition spéciale, les éléments comprennent ici une positive placée à la partie inférieure du bac et une négative portée par la positive par l'intermédiaire d'un croisillon isolant.

L'immobilisation de l'électrolyte des accumulateurs, comme aussi des piles, est obtenue par L. Neu (4) en employant de l'éponge de caoutchouc. On découpe l'éponge en lamelles que l'on place entre les plaques. On obtient ainsi un immobilisant léger, isolant, d'un grand pouvoir absorbant, ne foisonnant pas et n'étant pas décomposé par électrolyse, ne modifiant pas la composition chimique du liquide et suffisamment élastique pour retenir la manière active quand celle-ci tend à quitter son support.

L'accumulateur C.-J.-V. Féry (5) est construit, en vue de remplacer les piles sèches. Ainsi que le représente la figure 2 (coupe verticale), l'électrode positive est

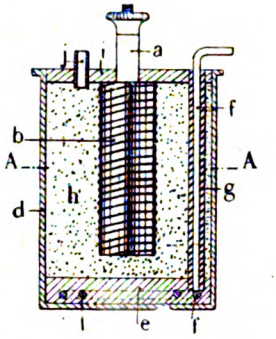


Fig. 2. — Accumulateur Féry.

constituée par un cylindre de plomb a présentant des ailettes entre lesquelles est logée la matière active que maintient le fil de plomb b enroulé en spirale. On peut d'ailleurs disposer plusieurs de ces positives verticales. L'électrode négative, toujours unique, est placée horizontalement au fond du bac isolant d. Elle est obtenue en coulant au fond du bac une pâte e de litharge et d'eau acidulée sulfurique et en noyant dans cette pâte un fil de plomb f dont la branche verticale servant de prise de courant est protégée par une gaine isolante g en verre par exemple.

Ces deux électrodes sont maintenues en place par une matière poreuse h inattaquable par l'acide sulfurique (sable, ponce, etc.). Le bac d est fermé par une couche de glu i laissant une ouverture j pour le dégagement des gaz.

Cette disposition réduit les actions locales parce que la négative est préservée de l'action de l'oxygène de l'air qui se dissout toujours à la surface du liquide.

L'accumulateur C.-J.-V. Féry (6) représenté par la figure 3 est constitué en vue de diminuer les actions

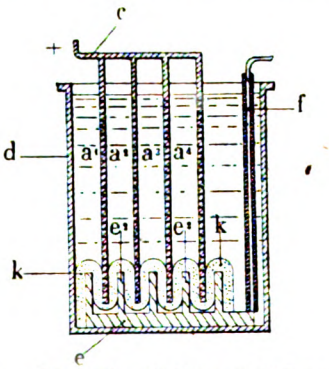


Fig. 3. — Variantes de l'accumulateur Féry.

locales dues à l'oxydation de la partie supérieure des négatives par l'oxygène de l'air. A cet effet, la négative

(1) Perfectionnements aux accumulateurs et application aux lampes électriques de poche. 1re addition n° 22 309 au *brevet français n° 512 133*, demandée le 21 mars 1917, délivrée le 6 janvier 1921, publiée le 30 juin 1921, 84 lignes.

(2) Perfectionnements aux accumulateurs et application aux lampes électriques de poche, 2e addition n° 23 051 au *brevet français n° 512 133*, demandée le 23 novembre 1917, délivrée le 16 avril 1921, publiée le 4 octobre 1921, 46 lignes.

(3) Perfectionnements aux accumulateurs électriques. *Brevet français n° 511 937*, demandé le 25 octobre 1916, délivré le 2 octobre 1920, publié le 7 janvier 1921, 139 lignes, 1 figure.

(4) Immobilisant pour tous liquides et principalement pour les liquides corrosifs ou non employés dans les piles ou les accumulateurs électriques. *Brevet français n° 519 171*, demandé le 2 avril 1917, délivré le 19 janvier 1921, publié le 6 juin 1921, 52 lignes.

(5) Accumulateur. *Brevet français n° 514 602*, demandé le 30 avril 1917, délivré le 17 novembre 1920, publié le 15 mars 1921, 152 lignes, 3 figures.

(6) Accumulateur. 1re addition n° 22 335 au *brevet français n° 514 602*, demandée le 31 juillet 1917, délivrée le 8 janvier 1921, publiée le 30 juin 1921, 146 lignes, 2 figures.

Digitized by Google

est disposée, comme dans le brevet n° 514 602, à la partie inférieure. La nouvelle disposition permet en outre de réduire la résistance intérieure et par conséquent de permettre à l'accumulateur des intensités de décharge plus élevées. Pour cela, l'électrode négative e présente des ailettes verticales e^2 qui augmentent la surface active. Le conducteur f soudé à cette négative est une tige de plomb dans une tube isolant (verre, ébonite, etc.). L'électrode positive comporte un certain nombre de plaques a^1 a^2 a^3 a^4 réunies à la partie supérieure par une tige métallique c. Entre les extrémités inférieures de ces plaques et les ailettes de la négative, on interpose un tissu k isolant et inattaquable (toile d'amiante ou de verre) de façon à retenir les chutes de matière active positive.

En vue de constituer des batteries à haute tension et à faible capacité telles que celles utilisées pour l'électrométrie, l'ionisation des gaz, la télégraphie sans fil par lampe audion, C.-J.-V. Féry (1) monte l'accumulateur ainsi qu'il est représenté en figure 4, de façon à obtenir un bon isolement et une bonne conservation de la charge.

Chaque élément comprend un tube de verre d fermé à la partie inférieure et dont le fond est traversé par un fil de plomb f formant l'électrode négative. Ce fil est noyé dans une pâte e de litharge et d'eau acidulée sulfurique et il est soudé extérieurement à une douille en cuivre ou en laiton l scellée au tube au moyen de plâtre m et constituant une prise de contact négative.

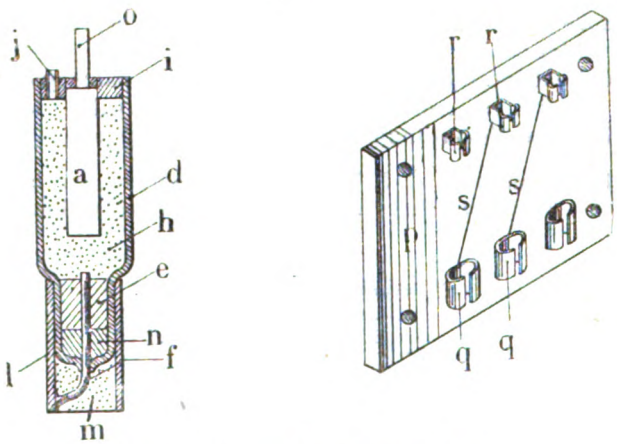


Fig. 4 et 5. — Accumulateur Féry.

Au fond du tube d est coulée une couche de glu marine n ou d'un mastic inattaquable destinée à assurer l'étanchéité.

L'électrode positive a, constituée par exemple par du minium, est disposée au-dessus et tout l'intervalle est rempli d'une matière immobilisante h (sable, porcelaine en poudre, etc.).

(1) Accumulateur. 3e addition n° 22 416 au *brevet français n° 514 602* demandée le 3 janvier 1918, délivrée le 18 janvier 1921, publiée le 12 juillet 1921, 159 lignes, 3 figures.

La queue o de cette électrode est en étain ou en alliage d'étain et d'antimoine afin d'éviter les grimpements d'acide qui se produisent avec le plomb pur ou antimonié. On peut se contenter aussi d'étamer la queue en plomb.

L'élément est fermé par la couche de glu i traversée par le tube j de dégagement des gaz.

Le montage en batterie se fait sur une planchette p en bois (figure 5) paraffiné, par exemple, munie de pinces élastiques en laiton.

Dans les pinces inférieures q s'engagent les douilles l et dans les supérieures r, les queues o des positives.

Dans le but d'augmenter la capacité et la durée, V. de Karavodine (1) prépare les électrodes de la manière suivante :

On prend une lame de plomb servant de conducteur et ayant 0,2 à 0,3 mm d'épaisseur pour les négatives et 0,4 à 1 mm pour les positives. On les évide dans le sens de leur longueur pour réduire le poids. Pour enrober les supports négatifs, on fait un mélange de sulfate de plomb pur ou additionné de litharge avec une solution alcaline (potasse ou soude) à 5 pour 100. Les plaques sont laissées plusieurs semaines à l'air et la matière durcit. Après avoir transformé l'alcali restant en carbonate à l'aide d'un courant gazeux d'anhydride carbonique, on réduit les négatives en plomb spongieux dans un bain de carbonate de sodium presque saturé.

Les supports positifs sont enrobés à la manière ordinaire. Pour empêcher la matière de tomber, on recouvre les surfaces des plaques d'une toile silicatée obtenue en partant d'un tissu de coton ou toile dont l'ouverture des mailles est d'environ 0,5 mm. On l'imbibe de silicate de potassium ou de sodium et, après essorage, on le plonge dans une solution de chlorure de baryum presque saturée. Après plusieurs heures de trempage et rinçage à l'eau, on fait séjourner pendant quelques heures dans l'acide sulfurique au dixième. On lave, on sèche et on repasse au fer chaud. La même série d'opérations est répétée jusqu'à l'obtention d'une rigidité suffisante.

Afin de maintenir un écartement suffisant entre les plaques, on prend comme séparateur une grille fabriquée en cordonnet de coton silicaté par le même procédé que ci-dessus. On peut aussi prendre des toiles silicatées que l'on ondule à chaud entre des cylindres.

Le bloc de plaques ainsi monté est légèrement comprimé dans le bac pour éviter le déplacement des différentes parties par les trépidations.

Pour les accumulateurs de traction, V. de Karavodine et G. Michaud (2) placent le bloc de plaques constitué comme ci-dessus entre deux plaques rigides (verre ou

(1) Accumulateur électrique. *Brevet français n°* 516403 demandé le 10 avril 1918, délivré le 6 décembre 1920, publié le 19 avril 1921, 143 lignes.

(2) Accumulateur électrique. 1re addition, n° 22521 au *brevet français n° 516 403*, demandé le 28 mars 1919, délivrée le 28 janvier 1921, publiée le 23 juillet 1921, 63 lignes, 2 figures.

Digitized by Google

ébonite), le tout étant serré par des anneaux de caoutchouc pour empêcher tout déplacement pendant le transport tout en permettant une légère dilatation.

L'étanchéité des accumulateurs au plomb est obtenue par R. Dubuc (1) en fermant le bac au moyen d'un couvercle serré par des écrous vissés sur des prisonniers encastrés dans les parois du bac, un joint en caoutchouc étant intercalé entre le bac et son couvercle. L'étanchéité du joint entre chacune des deux tiges polaires et le couvercle est assurée par le même serrage, des rondelles de caoutchouc formant joint.

Afin d'éviter que les tiges et écrous métalliques ne s'attaquent par les vapeurs acides qui se dégagent des éléments, R. Dubuc (2) dispose au-dessus des bacs un conduit collecteur communiquant de manière étanche avec l'intérieur des bacs et débouchant par ses extrémités à l'atmosphère en dehors de la caisse qui renferme les éléments.

On sait que, dans les accumulateurs employés sur les automobiles, les trépidations sont préjudiciables aux plaques et aussi au mastic fermant l'élément et qui finit par se craqueler.

Pour éviter cet inconvénient, la Société Caillard et M. Heuzey (3) dispose sur les barrettes reliant les plaques de même polarité des ergots qui traversent le couvercle et qui sont maintenus par des tasseaux qui sont fixés à la caisse. Les blocs d'électrodes sont ainsi calés entre ces tasseaux et ceux sur lesquels reposent les plaques au fond du bac.

Dans l'accumulateur J. Sola Vila et A. Bosch Trégunny (4), l'étanchéité est assurée de la manière suivante : chacun des groupes de plaques possède un épaulement sur lequel est placée une pièce d'appui engagée dans des saillants solidaires des parois du bac. Au-dessus des pièces d'appui, on applique un couvercle muni d'un bord formé par une garniture élastique, ce couvercle étant fixé avec des écrous sur des boulons solidaires des groupes de plaques et servant en même temps de prises de courant. Enfin, au-dessus du couvercle, est placé un chapeau, fixé aussi avec des écrous sur les mêmes boulons, chapeau dans lequel est vissé le godet destiné à l'introduction du liquide et à la sortie des gaz.

(1) Perfectionnements aux accumulateurs. *Brevet français n° 514433*, demandé le 1er mars 1919, délivré le 15 novembre 1920, publié le 10 mars 1921, 129 lignes, 2 figures.

(2) Perfectionnements aux accumulateurs. 1re addition n° 23134 au *brevet français n° 514433*, demandée le 25 mars 1919, délivrée le 26 avril 1921, publiée le 4 octobre 1921, 68 lignes, 3 figures.

(3) Dispositif de suspension pour électrodes d'accumulateurs. *Brevet français n° 516486*, demandé le 28 juillet 1919 délivré le 6 décembre 1920, publié le 19 avril 1921, 61 lignes, une figure.

(4) Dispositif d'étanchéité pour récipients démontables d'accumulateurs électriques. *Brevet français n° 511821*, demandé le 17 mars 1920, délivré le 30 septembre 1920, publié le 5 janvier 1921, 137 lignes, 9 figures.

Le séparateur W.-E. Holland et J.-M. Skinner (1) est particulièrement destiné aux batteries de démarrage. Il comprend, outre le séparateur bois ordinaire dont le côté plan est appliqué sur la négative, un séparateur ébonite appliqué sur la positive et dont la caractéristique est d'avoir une surface perforée égale ou supérieure à 40 pour 100 de la surface totale. La perforation peut consister en rainures allongées et étroites avec décalage des rangées successives de ces rainures. Celles-ci peuvent aussi être inclinées sur l'horizontale, ou encore être disposées en colonnes parallèles laissant entre elles des bandes pleines, en vue de renforcer la résistance du séparateur.

Afin de permettre une longue conservation en magasin des accumulateurs montés, sans dommage pour les plaques positives et pour les séparateurs en bois, W.-E. Holland et L.-J. Pearson (2) effectuent le montage des éléments de telle manière que les plaques positives ne puissent pas se mouiller et que les séparateurs en bois ne soient pas sujets à se dessécher. A cet effet, on applique le côté plan des séparateurs en bois sur les négatives mouillées tandis que les nervures de ces séparateurs touchent les positives sèches. Les éléments sont fermés comme on le fait normalement, le couvercle étant muni d'un bouchon avec orifice pour le dégagement gazeux et on les conserve ainsi à l'état sec.

Comme variante, on peut également disposer des séparateurs en ébonite entre les nervures des séparateurs en bois et les positives.

Le montage employé par M. O.-A. Garreau (3) est le suivant :

Le bac est en plomb mince, renforcé intérieurement par un cadre isolant (en bois imprégné, par exemple) dont un des grands côtés forme l'armature du fond du bac, l'autre grand côté le couvercle, les petits côtés servant d'armature et isolant les plaques positives du bac.

Sur sa périphérie, le couvercle porte une rainure dans laquelle sont engagés les bords rabattus du bac en plomb. Au passage des prises de courant à travers le couvercle, on ménage une cavité tronconique que l'on remplit d'une matière isolante coulée qui forme joint étanche.

Les différents éléments d'une batterie sont disposés dans une caisse en bois dont ils sont séparés par des cales. On coule une matière isolante (à base de brai) dans tous les intervalles et sur le dessus des éléments.

(1) Perfectionnements aux séparateurs pour accumulateurs électriques. *Brevet français n° 512749*, demandé le 29 mars 1920, délivré le 22 octobre 1920, publié le 29 janvier 1921, 395 lignes, 8 figures.

(2) Perfectionnements aux séparateurs pour accumulateurs électriques. *Brevet français n° 512750*, demandé le 29 mars 1920, délivré le 22 octobre 1920, publié le 29 janvier 1921, 226 lignes, 2 figures.

(3) Perfectionnements à la construction des éléments d'accumulateurs plus spécialement pour batteries transportables. *Brevet français n° 525083*, demandé le 7 avril 1920, délivré le 27 mai 1921, publié le 15 septembre 1921, 153 lignes, 5 figures.

Digitized by Google

On sait qu'un des mélanges les plus employés pour immobiliser l'électrolyte de l'accumulateur au plomb, est celui de silicate de sodium et d'acide sulfurique étendu. Le silicate de sodium du commerce est dilué avec trois fois son volume d'eau et on mélange les quatre parties ainsi obtenues avec cinq parties en volume d'une solution d'acide sulfurique de poids spécifique 1,40. On remplit avec ce mélange l'élément dont les plaques ont été préalablement imbibées d'acide de poids spécifique 1,20. Quelques minutes après le remplissage, il se prend en masse par suite de la formation de silice gélatineuse.

A. Parker-Smith (1) incorpore à la solution de silicate de sodium une matière organique telle que : salicylate de méthyle, térébenthine, crésol, liquide désinfectant de West (produit provenant du goudron de houille), etc. Par exemple, on mélange à 128 parties en volume de la solution de silicate de sodium du commerce une partie de salicylate de méthyle et une demi-partie de liquide de West.

Cette addition a pour avantage de retarder la prise en masse et de permettre ainsi de bien remplir tous les intervalles. La masse est aussi plus visqueuse et conserve mieux sa nature du début. Les gaz se dégagent plus facilement et la diffusion de l'acide se fait mieux.

D'après l'inventeur, la résistance intérieure de l'accumulateur ne serait pas augmentée et sa capacité serait presque la même.

L'accumulateur G. Philippart (2) est caractérisé par une grande surface des électrodes et un contact intime entre la matière active et son support inoxydable, conditions nécessaires pour réaliser une grande capacité, ainsi que par le maintien des matières actives sur le support de façon à augmenter la durée.

Pour obtenir ce résultat, on part d'une plaque en plomb antimonié de faible épaisseur recouverte sur ses deux faces d'une plaque de plomb doux de très faible épaisseur, les trois plaques étant laminées ou assemblées de façon à ne former qu'un seul corps.

Les plaques ainsi obtenues subissent la formation Planté. L'adhérence de la matière active à son support est maintenue en interposant entre les plaques positives et négatives une matière poreuse et isolante. On peut prendre, par exemple, des plaques de mica ou d'ébonite très minces et perforées de telle manière qu'en les juxtaposant, les perforations des unes soient recouvertes par les parties pleines des autres.

La seule particularité de l'accumulateur A. Albrecht-Feister (3) est que la concentration de son électrolyte est réglée à 34° B fin charge et à 25-27° B fin décharge.

Le bac M. Arosio (4) est constitué par un noyau en bois complètement revêtu de fibre vulcanisée dont on recouvre la surface exposée d'une couche de celluloïd. Ainsi obtenu, le bac serait léger, rigide, incassable et inattaquable aux solutions sulfuriques.

Pour immobiliser l'électrolyte aussi bien que pour mélanger à la matière active des plaques, J.-A. van der Nolle (5) emploie comme matière absorbante de la poudre de bois. Celle-ci est obtenue en pulvérisant finement le bois et en le tamisant. La poudre, ainsi préparée, est débarrassée des substances nuisibles (acide acétique, résines, matières albumineuses, amidon, etc.) par lessivage en solution acide sulfurique ou en solution alcaline. Le traitement se fait de préférence dans un bac à électrolyse. Les deux électrodes sont placées horizontalement, l'une à la partie inférieure, l'autre à la partie supérieure. En faisant passer un courant, les bulles d'hydrogène et d'oxygène provenant de l'électrolyse de la solution font tourbillonner la poudre en suspension qui est alors libérée de tous les éléments solubles. Cette action est d'ailleurs accélérée par l'échauffement provoqué par le passage du courant. Après lavage et séchage, la poudre peut être utilisée comme matière absorbante dans les plaques ou dans les éléments.

Les éléments transportables sont montés, en général, de telle manière, que les plaques reposent sur des tasseaux que porte le fond du bac. Or il arrive que, par suite des trépidations, ces tasseaux s'usent et il en résulte une mise hors de service du bac.

Pour remédier à cet inconvénient, la Société de l'Accumulateur Tudor (6) rend amovible la partie supérieure du tasseau. Cette disposition permet de retourner la partie amovible quand un de ses côtés est usé. Elle permet également de prévoir entre la partie amovible et son logement, une couche d'une matière compressible et élastique qui amortit les chocs et diminue ainsi la détérioration des plaques.

L'accumulateur D. Pepper (7) est du type cylindrique, l'électrode extérieure en plomb antimonié formant le bac lui-même. La matière active est retenue sur cette électrode par un cylindre en matière absorbante (pulpe

(1) Perfectionnements aux piles d'accumulateurs. *Brevet français n° 525289*, demandé le 26 avril 1920, délivré le 1er juin 1921, publié le 17 septembre 1921, 269 lignes.

(2) Perfectionnements apportés dans l'établissement des piles secondaires dénommées accumulateurs électriques. *Brevet français n° 516163*, demandé le 31 mai 1920, délivré le 3 décembre 1920, publié le 14 avril 1921, 354 lignes, 15 figures.

(3) Accumulateur. *Brevet français n° 518842*, demandé le 3 juillet 1920, délivré le 12 janvier 1921, publié le 31 mai 1921, 61 lignes.

(4) Perfectionnements apportés aux boîtes des accumulateurs électriques. *Brevet français n° 519723*, demandé le 8 juillet 1920, délivré le 28 janvier 1921, publié le 14 juin 1921, 56 lignes.

(5) Matière isolante. *Brevet français n° 520694*, demandé le 19 juillet 1920, délivré le 19 février 1921, publié le 29 juin 1921, 167 lignes, 1 fig.

(6) Perfectionnements apportés à la suspension des plaques dans les récipients d'accumulateurs électriques. *Brevet français n° 525260*, demandé le 30 septembre 1920, délivré le 31 mai 1921, publié le 17 septembre 1921, 101 lignes, 6 figures.

(7) Perfectionnements aux batteries électriques. *Brevet français n° 527755*, demandé le 27 novembre 1920, délivré le 2 août 1921, publié le 29 octobre 1921, 184 lignes, 4 figures.

Digitized by Google

de bois par exemple). Ce cylindre formant séparateur est également en contact avec l'électrode interne constituée par une grille empâtée et recourbée de façon à lui donner la forme cylindrique. L'intérieur de cette électrode est également rempli de substance absorbante. L'élément est fermé par une couche de sciure de bois et une couche d'asphalte.

Dans le montage adopté par M. Tsüji et S. Nakao (1), les prises de courant sont diagonalement opposées, c'est-à-dire que l'une, la positive, étant faite à la partie supérieure, l'autre, la négative, est faite à la partie inférieure des plaques. Entre la bande en plomb qui amène le courant de la partie inférieure de ces plaques et le bloc, on dispose une plaque isolante. Dans une variante, la prise de courant négative, au lieu de remonter à la partie supérieure de l'élément, sort par le bas du bac traversé alors par une tige métallique qui forme la prise de courant négative.

Comme séparateurs des plaques de l'accumulateur au plomb, la Société H.-F.-J. de Poix et Cie (2) emploie le caoutchouc spongieux, analogue aux éponges en caoutchouc, ce caoutchouc pouvant être souple, demi-dur ou dur. Les cloisons ainsi fabriquées maintiennent la matière active tout en assurant la circulation de l'électrolyte en étant inattaquables.

Pour permettre d'enlever les électrodes sans toucher au point étanche prévu entre le couvercle et les prises de courant, R.-M. Jones (3) constitue le couvercle de l'élément comme représenté en figure 6. Ce couvercle est en trois parties. Les deux extrêmes 1 et 3 portent des parois latérales inclinées 4 et des rebords latéraux 5 s'étendant sur tout le pourtour. Les tiges polaires passent dans les douilles métalliques 6 encastrées dans les bossages 7. La partie médiane du couvercle a ses parois latérales inclinées 10 qui reposent sur les rebords des deux autres parties. Le bossage 14 constitue l'orifice de dégagement gazeux. Du mastic est coulé dans les intervalles des trois parties du couvercle ainsi que tout autour. Lorsqu'on désire enlever les électrodes, on retire le mastic et on enlève la partie médiane du couvercle. On peut alors sortir les deux groupes d'électrodes, positives et négatives, sans déranger en aucune façon le joint étanche prévu entre les prises de courant et le couvercle.

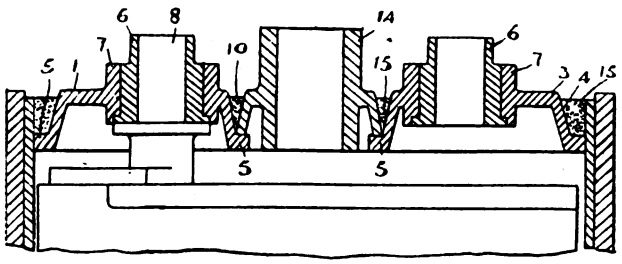


Fig. 6. — Couvercle d'accumulateur Jones.

L. Jumau.

L'aspect industriel de l'électrification des campagnes

L'auteur se propose de démontrer dans cet article que, si certaines circonscriptions rurales sont condamnées à ne jamais profiter des bienfaits de l'électricité, sinon dans un avenir bien lointain, ce délaissement doit être attribué aux dépenses considérables qu'entrainerait l'installation du réseau destiné a les alimenter. Compte tenu de toutes les dépenses, il trouve que, au minimum, le kilowatt-heure devrait être tarifé au prix prohibitif de 1,90 fr. Dans ces conditions, aucun concessionnaire ne voudra assumer la charge d'une telle entreprise à moins que les communes désireuses d'être desservies n'avancent elles-mêmes les fonds nécessaires à l'exécution des travaux.

Introduction. — Il est grandement désirable que l'énergie électrique soit mise largement à la disposition des campagnes, non pas seulement du fait qu'elle apporte un rayon de gaieté dans les chaumières paysannes, ou soulage l'effort musculaire du travailleur de la terre, mais à un point de vue plus général, parce qu'elle est susceptible de diminuer le prix de revient des produits agricoles par le développement du machinisme, à rendement bien supérieur à la main-d'œuvre humaine, dans les travaux de la ferme et du petit atelier villageois.

Electrifier les campagnes n'est donc pas uniquement donner un peu plus de confortable à la masse laborieuse des communes rurales, c'est encore un moyen de contribuer à la baisse du coût de la vie, condition indispensable au redressement de notre situation économique, ébranlée par tant de secousses diverses.

(1) Perfectionnement aux accumulateurs. *Brevet français n° 530 293*, demandé le 1er décembre 1920, délivré le 29 septembre 1921, publié le 19 décembre 1921, 198 lignes, 8 figures.

(2) Perfectionnement aux accumulateurs électriques. *Brevet français n° 528 305*, demandé le 9 décembre 1920, délivré le 12 août 1921, publié le 10 novembre 1921, 36 lignes.

(3) Perfectionnements aux couvercles des bacs d'accumulateurs. *Brevet français n° 530 487*, demandé le 3 février 1921, délivré le 3 octobre 1921, publié le 23 décembre 1921, 133 lignes, 3 figures.

Digitized by Google

Les pouvoirs publics ont, depuis l'armistice, aidé, dans la mesure de leurs forces, à la réalisation de cette œuvre nationale et il n'est pas un conseil communal qui n'ait envisagé de donner satisfaction dans ce sens à ses administrés.

Pourquoi donc la marche dans cette voie du progrès se fait-elle si lente, pourquoi donc trouve-t-on si peu d'empressement à prendre les concessions communales?

Les sociétés productrices d'énergie ont été accusées d'être intransigeantes, de vouloir vendre le courant à un prix excessif, de demander des sommes énormes pour édifier des réseaux neufs.

La vérité est que là, comme ailleurs dans l'industrie, un déséquilibre s'est produit entre les frais de production et les possibilités de vente de la matière à écouler.

L'objet de la présente note est précisément de faire toucher du doigt aussi explicitement que possible, par des chiffres d'expérience, le point où réside le déséquilibre afin que chacun puisse se rendre compte que le grand coupable anonyme est la situation économique actuelle.

Usines génératrices. — La grosse majorité des populations agricoles est naturellement établie dans les pays de plaines ou peu accidentés, c'est dire que l'énergie électrique susceptible de la desservir est en général d'origine thermique et c'est de ce genre de distribution que nous uous occuperons uniquement.

L'expérience a, d'ailleurs, démontré que les chutes établies sur des rivières à faible pente ne peuvent à elles seules assurer une exploitation régulière, même si l'on tient compte de ce que leur rayon d'action est toujours limité.

D'autre part, personne ne songerait à notre époque, sauf dans de rares cas d'espèce, à établir une station génératrice thermique pour l'alimentation d'une commune rurale ou même d'un groupe de communes agricoles : les frais d'installation des petites usines, leur faible rendement, leur utilisation médiocre s'opposent à ce qu'on les prenne en considération.

On a donc recours aux centrales régionales, grandes ou moyennes qui, dans l'état général actuel des distributions électriques, sont capables de desservir trois ou quatre départements voisins et c'est là un avantage considérable pour les réseaux communaux à fonder.

Ces centrales modernes à haut rendement ont été montées pour alimenter des villes d'importance moyenne, des centres industriels; elles tiennent leur vitalité de l'utilisation annuelle de leur matériel, qui atteint normalement 3 000 heures par an et leur permet de maintenir des prix de vente commercialement satisfaisants.

Le rattachement à ces organismes des distributions rurales fait bénéficier celles-ci du prix de revient moyen de l'énergie des centrales, incomparablement plus avantageux que celui des petites stations locales : nous croyons devoir insister sur ce point que l'électrification des campagnes n'est possible que grâce à l'avantage précité que leur concèdent les centrales régionales et nous verrons plus loin toute l'importance de cette assertion.

Distribution rurale type. — L'origine du courant étant ainsi déterminée, prenons le cas général qui doit être envisagé, celui de l'électrification d'un canton agricole moyen comportant une population globale de 7 000 habitants, répartie entre douze communes distantes les unes des autres d'environ 3 km.

Une ligne de transmission reliera la station au centre de la distribution cantonale d'énergie, puis une ligne secondaire (que nous supposerons par simplification à la même tension que l'artère principale), partant du poste central, ira desservir, dans chaque commune, un poste de transformation nécessaire à l'obtention d'une tension normale d'utilisation.

Quelle consommation doit-on espérer de la nouvelle clientèle?

La statistique indique qu'on ne peut établir un projet sérieux sur une vente annuelle bien supérieure à 12 kw-h par habitant, soit 84 000 kw-h dans notre cas, dont la moitié en lumière privée et le reste en éclairage public, force motrice communale et privée.

La puissance totale installée dans les postes de transformation, proportionnelle à la population, doit atteindre

$$\frac{15 \times 7\,000}{1\,000} = 105 \text{ kv-a},$$

ce qui conduit à une utilisation annuelle de 800 heures.

Nous allons maintenant examiner quel est le coût de l'énergie au compteur de l'abonné, en étudiant les trois éléments suivants :

1° Le prix de revient du courant rendu au lieu d'utilisation en partant de sa valeur aux bornes des générateurs de la centrale et tenant compte des pertes en cours de route;

2° L'annuité à servir au capital employé à l'établissement du réseau cantonal;

3° Les frais d'exploitation de la distribution créée par un concessionnaire ou un gérant.

Production de l'énergie. — Une centrale moderne de puissance moyenne (5 000 à 10 000 kw, réserves comprises), fonctionnant avec une utilisation annuelle de 2 000 à 3 000 heures par an, peut établir actuellement son prix de revient moyen par kilowatt-heure aux bornes des générateurs, dans les conditions suivantes :

Frais d'exploitation.....	0,20 fr
Service financier.....	0,10 fr
Soit au total	0,30 fr

Les frais d'exploitation comprennent : les dépenses de combustible, main-d'œuvre, entretien, surveillance des artères principales et les frais généraux.

Digitized by Google

Par service financier il faut entendre l'intérêt et l'amortissement du capital industriel immobilisé tant pour l'usine génératrice que pour les canalisations primaires.

Il est à noter qu'il s'agit là d'un prix de revient moyen annuel pour toute l'énergie produite, quel que soit son mode d'emploi.

Une partie de cette énergie est utilisée à assurer les services auxiliaires de la centrale, une autre est perdue dans les transformateurs élévateurs de tension et les canalisations primaires.

Ce déchet total, inévitable mais improductif, ne permet d'amener au poste central du canton à alimenter que 80 pour 100 du courant primitif.

Les pertes ne se bornent pas là : les lignes secondaires qui relient les communes au poste central, les transformateurs abaisseurs de chaque réseau rural qui restent en service 8760 heures pour 800 heures de pleine charge et les distributions secondaires absorbent à leur tour et en pure perte une grosse somme d'énergie : le courant total vendu aux abonnés ne représente guère que 60 à 65 pour 100 du courant apporté au poste central du canton.

Finalement, dans l'ensemble d'une distribution établie normalement, la moitié de l'énergie sortant des générateurs de la centrale est seule susceptible de fournir des recettes à l'exploitant. Son prix de production, envisagé sous la forme générale indiquée précédemment, ressort donc à 0,60 fr.

Etablissement du réseau cantonal. — Les lignes secondaires à haute tension destinées à l'alimentation des postes communaux auront une longueur totale d'environ 36 km dans l'exemple que nous avons choisi (3 km par commune); à raison de 6000 fr le kilomètre, leur établissement entraînera une dépense de 216 000 fr.

L'équipement de chaque poste de transformation, cabine comprise, atteindra au moins 12 000 fr, soit au total, 144 000 fr pour les douze communes.

Enfin, l'installation des distributions basse tension à cinq fils, évaluée très exactement à 10 fr le mètre, lampes municipales comprises, donnera (en comptant sur une longueur expérimentale de canalisation variable entre 3 et 4 m par habitant) un développement total de 24 km aux réseaux communaux. Les frais correspondants s'élèveront à 240 000 fr.

En définitive, l'établisssment du réseau cantonal, compte tenu d'une faible marge de 5 pour 100 pour imprévu, immobilisera un capital de 630 000 fr.

En supposant que ce capital ait été obtenu dans des conditions particulièrement avantageuses, son service exigera annuellement le versement, au taux de 8 pour 100, d'une somme de 50 400 fr qui, rapportée à la vente prévue de 84 000 kw-h, augmentera le coût du kilowatt-heure de 0,60 fr.

Exploitation du réseau cantonal. — L'exploitation de douze communes qui représente au bout de peu de temps la fourniture d'énergie à 1 200 ou 1 500 abonnés nécessite, pour être suivie sérieusement et donner son plein rendement, l'organisation d'un service complet, qu'il s'agisse d'une société concessionnaire ou d'une gérance de syndicat.

Le personnel comportera essentiellement : un ingénieur, chef de secteur ; un comptable et un encaisseur ; un électricien et un aide.

Leurs émoluments annuels atteindront 35 000 fr. Les frais de déplacement (une camionnette automobile est indispensable), l'entretien des réseaux et les frais généraux peuvent être estimés à un minimum de 25 000 fr l'an.

Cette somme de 60 000 fr pour les 84 000 kw-h vendus vient accroître le prix du kilowatt-heure de 0,70 fr approximativement.

Prix de revient global de l'énergie. — Nous sommes maintenant en possession de tous les éléments qui déterminent le montant du prix de l'énergie électrique livrée à l'abonné.

Ce prix au kilowatt-heure se décompose en trois parties sensiblement égales dans les conditions économiques actuelles.

Frais de production.....	0,60 fr
Construction des réseaux.....	0,60 fr
Exploitation des réseaux.....	0,70 fr
Conduisant au chiffre global.	1,90 fr

Ne perdons pas de vue que les frais de production ont été estimés en dehors de toute considération commerciale et que le capital nécessaire à l'exécution des travaux du réseau cantonal ne peut être d'origine industrielle au taux de 8 pour 100.

Possibilités de vente. — Lorsque après l'armistice les exploitations d'avant-guerre ont voulu réajuster leurs tarifs à la situation économique nouvelle, alors que le coût du charbon, de la main-d'œuvre, des matériaux d'entretien, du loyer de l'argent, avait enflé démesurément, les municipalités ont temporisé et cherché à réduire les prétentions, cependant trop modestes en général, des distributeurs.

Il en est résulté des difficultés souvent inextricables entre concessionnaires et abonnés et nombre de petits exploitants sont encore en mauvaise posture financière.

Après bien des tâtonnements, et grâce à l'intervention éclairée des services du Contrôle administratif, on est finalement arrivé à établir de nouveaux cours de vente de l'énergie acceptables pour les deux parties, mais *pour les affaires anciennes*.

Ces difficultés n'ont pas peu contribué à refroidir l'élan des demandeurs en concession, mais surtout ont créé pour ces derniers une situation toute nouvelle, comme nous allons le voir, en présence des secteurs à fonder de toutes pièces.

Digitized by Google

Quels sont les tarifs normalement acceptés et dont le cours tend à se régulariser ?

Dans l'état actuel des choses, la majoration sur les prix pratiqués avant guerre par les concessionnaires ruraux atteint environ 100 pour 100, ce qui conduit couramment aux chiffres de vente suivants du kilowatt-heure.

Lumière privée.....	1,50 fr
Force motrice et services publics...	1,10 fr

En tenant compte des proportions indiquées précédemment dans les modes d'emploi de l'énergie communale, on arrive finalement à un prix de vente moyen global de 1,30 fr par kilowatt-heure.

Le courant électrique a donc simplement doublé, dans une période où les autres matières d'échange ont triplé et quadruplé de valeur par rapport à l'avant-guerre.

C'est dire que les récriminations du public et des municipalités sont en général injustifiées.

Mais le côté le plus grave de la question est que deux villages voisins, l'un possédant une distribution ancienne, l'autre désireux d'être électrifié à son tour, ont peine à supporter qu'on leur applique des tarifs différents : le second se trouverait d'ailleurs en infériorité commerciale vis-à-vis du premier.

Et cependant, si l'on se reporte à l'établissement du prix de revient global de l'énergie déterminé pour notre réseau cantonal, de création nouvelle, on voit que le déficit atteint 0,60 fr par kw-h pour le concessionnaire qui voudrait prendre une telle exploitation entièrement à sa charge.

Là est l'origine de la lenteur constatée dans la mise sur pied des distributions rurales ; comment combler le déficit, comment rétablir l'équilibre entre les dépenses et les recettes ?

Le rôle capitaliste des communes. — Ainsi donc, malgré les hypothèses éminemment favorables qui nous ont servi à échafauder un prix de revient aussi réduit que possible de l'énergie électrique (bénéfice des frais de production moyens de la centrale appliqué à un service en majeure partie d'éclairage, c'est-à-dire absorbant principalement du courant de pointe ; bénéfice d'une rémunération exceptionnellement basse du capital employé à la construction des réseaux d'utilisation), il faut bien convenir qu'un industriel sérieux ne peut songer par ses propres moyens à se lancer dans les affaires de distribution communale.

En examinant la décomposition précédente du prix de revient global du courant, on aperçoit que le déficit de 0,60 fr par kilowatt-heure représente exactement le service des sommes immobilisées dans l'établissement du réseau cantonal.

Donc, impossibilité pour le concessionnaire de participer aux frais de construction de la nouvelle distribution ; les communes désireuses d'être desservies ne trouveront aucun exploitant avant de s'être procuré les fonds nécessaires à l'exécution des travaux.

C'est alors le recours aux subventions de l'Etat, aux prêts bancaires ou des caisses agricoles, et c'est aussi, par voie de conséquence, une majoration inévitable des impôts communaux.

Cependant il n'existe, à l'heure actuelle, aucun autre mode de sortir de cet impasse, et il est facile de comprendre combien la réalisation de ces entreprises sera pénible et laborieuse.

Avantages électriques des agglomérations urbaines. — Le concessionnaire éventuel d'une distribution rurale viendra-t-il à discuter ses tarifs de vente avec les municipalités, un intéressé « bien informé » lui fera remarquer l'exagération de ses propositions comparées aux prix du courant dans Paris et sa banlieue ; montrons rapidement, en terminant cette note, le mal fondé de ces griefs qui sèment le doute sur la bonne foi des exploitants dans l'esprit de conseillers communaux non préparés à l'examen complexe des questions électriques.

Supposons que notre canton de 12 communes se concentre en une seule agglomération de 7 000 habitants et constitue un quartier d'une ville contiguë à la ville lumière, où les chaumières villageoises sont remplacées par des maisons de cinq étages. Admettons en même temps qu'une supercentrale, du type actuellement en vogue, distribue l'énergie électrique dans cette agglomération.

On peut espérer que les frais de production du courant seront réduits de moitié, c'est-à-dire ramenés à 0,30 fr chez l'abonné.

Le réseau de distribution de l'agglomération ne nécessitera plus de ligne haute tension secondaire et un poste central unique de transformation sera amplement suffisant à l'ensemble, nous le compterons pour 25 000 fr.

Le réseau basse tension lui-même n'aura plus que 5 km de longueur en raison de la densité de la population ; son installation vaudra 50 000 fr.

Les frais du capital de premier établissement de la distribution au taux de 12 pour 100 grèveront donc le kilowatt-heure d'environ 0,10 fr.

L'exploitation n'exigera qu'un personnel restreint, les frais généraux seront répartis sur l'ensemble de la clientèle urbaine ; ce chapitre n'affectera plus le kilowatt-heure que d'une majoration vraisemblablement inférieure à 0,25 fr.

On arrivera ainsi à un prix global de l'énergie se décomposant comme suit :

Frais de production.....	0,30 fr
Construction du réseau.....	0,10 fr
Exploitation du réseau.....	0,25 fr
Soit au total par kilowatt-heure.	0,65 fr

Encore, dans notre calcul, supposons-nous que la po-

Digitized by Google

pulation citadine n'use pas plus largement de la lumière électrique que les agglomérations rurales et qu'aucun atelier important ne vienne améliorer l'utilisation journalière de la distribution.

Finalement, toutes conditions d'emploi restant constantes, on peut estimer que l'énergie électrique coûte trois fois moins cher à l'exploitant de la Ville-Lumière qu'au petit distributeur communal.

En présence d'une telle situation, les communes rurales n'ont-elles pas le devoir, dans leur propre intérêt, d'encourager les concessionnaires de bonne volonté dans leur tâche ardue, plutôt que de leur susciter des difficultés de tous ordres en les taxant d'un esprit de lucre immodéré ?

E. WATTELET,
Ingénieur E. S. E.,
Licencié ès sciences.

Revues, analyses et informations

Résistance au roulement et inertie des parties tournantes des locomotives monophasées des chemins de fer alpins de la Basse-Autriche et de la Styrie (1).

Des essais ont été entrepris par l'ingénieur G. Markt dans le but de déterminer les résistances au roulement et l'inertie des parties tournantes des locomotives monophasées construites par les usines Siemens Schuckert autrichiennes en collaboration avec l'usine de locomotives de Kraus et Cie. Les locomotives sont munies de deux moteurs monophasés à collecteur de 300 ch chacun. Un engrenage $\left(\frac{1}{3,448}\right)$ transmet leur couple sur les trois axes couplés d'un boggie à trois axes. Le poids total est de 48,5 t. La tension est de 6000 v à 25 p : s. L'auteur a exécuté ses essais sur trois lignes caténaires en alignement droit, pourvues de rampes dont la pente avait été relevée par des nivellements soignés.

Désignons par G, le poids réel de la locomotive, en tonnes ; n, la pente de la ligne d'essai, en mm : m ; w, la résistance au roulement, en kilogrammes par tonne et comprenant : les frottements entre roues et rail, les frottements dans tous les engrenages et dans les bielles et axes de bielle, les frottements dans les coussinets, la résistance de l'air, le frottement des balais et la résistance des ventilateurs et x, l'augmentation apparente du poids de la locomotive, en centièmes de G, causée par l'inertie des masses tournantes (terme de correction). Pour les calculs, x est considéré comme constant pour tous les changements de vitesse, de quelque cause qu'ils proviennent, ce qui n'est pas rigoureusement exact. Soit encore v la vitesse de la locomotive en m : s ; p_b et p_v, l'accélération ou le ralentissement en m : s² ; g, l'intensité de la pesanteur égale à 9,81 m : s². Nous pouvons alors établir les équations suivantes :

Pour la descente (en pente de n pour 1000)

$$G\,(n - w) = \frac{G}{g}\,1000\left(1 + \frac{x}{1000}\right)p_b; \qquad (1)$$

Pour la montée (en rampe de n pour 1000)

$$G\,(n + w) = \frac{G}{g}\,1000\left(1 + \frac{x}{1000}\right)p_v. \qquad (2)$$

Pour la même vitesse, w possède la même valeur dans les équations (1) et (2) et nous obtenons, par addition,

$$x = \frac{1,96\,n}{p_b + p_v} - 100. \qquad (3)$$

(1) *Elektrotechnische Zeitschrift*, 1er juin 1922, t. XLIII, p. 767.

Les équations (1) et (2) nous donnent encore, en remplaçant p_b et p_v par $\frac{dv}{dt}$:

pour la descente

$$w = -102\left(1 + \frac{x}{100}\right)\frac{dv}{dt} + n; \qquad (4)$$

pour la montée

$$w = 102\left(1 + \frac{x}{100}\right)\frac{dv}{dt} - n. \qquad (5)$$

L'auteur résout ces équations d'une façon très simple, en partant des courbes espace-temps pour la montée et la descente, tracées d'après les données expérimentales du tableau ci-dessous contenant les résultats numériques de trois essais.

TABLEAU I.

BORNES KILOMÉTRIQUES	DESCENTE — TEMPS EN SECONDES			BORNES KILOMÉTRIQUES	MONTÉE — TEMPS EN SECONDES		
	1	2	3		1	2	3
6,50	0	0	0	6,90	0	0	0
6,51	14,0	13,4	15,4	6,80	9,8	8,8	8,9
6,53	24,9	24,4	26,2	6,70	21,4	18,8	19,8
6,56	35,6	35,3	37,2	6,65	29,0	25,0	26,3
6,60	47,2	46,4	48,4	6,60	38,6	35,5	34,3
6,65	58,5	57,9	59,8	6,56	48,4	37,9	41,5
6,70	68,5	67,7	69,5	6,53	60,2	43,8	48,4
6,80	84,5	83,3	85,3	6,5198	72,4		
6,90	98,1	97,9	98,7	6,51		48,8	54,7
				6,50			58,8
				6,481			75,7

Avec les nombres de l'essai 3, on a construit les courbes $e = f(t)$ relatives à la descente S_1 et à la montée S_2. On en a déduit les courbes des vitesses correspondantes V_1 et V_2 en calculant, pour chaque point, l'expression $v = \frac{de}{dt}$ (construction indiquée suivant $x\,y\,z$) et, enfin, les points des courbes d'accélération ou de ralentissement ont été déterminés par $\frac{dv}{dt}$ (fig. 1).

Des équations bien connues

$$m_v = b_v \times \frac{m_s}{m_t}, \quad m_p = b_p \times \frac{m_v}{m_t}, \quad m_w = \frac{b_x}{102\left(1 + \frac{x}{100}\right)} \times \frac{m_v}{m_t}.$$

Digitized by Google

nous tirons : la distance du pôle x pour la courbe vitesse-temps, $b_v = 80$ mm ; la distance du pôle A pour l'échelle des accélérations, $b_p = 50$ mm ; la distance du pôle B pour l'échelle des résistances au roulement, $b_w = 63{,}5$ mm.

En menant par A et B des parallèles aux tangentes des courbes V_1 et V_a, on découpe sur l'axe des accélérations les valeurs p_b et p_v et sur l'axe des résistances au roulement

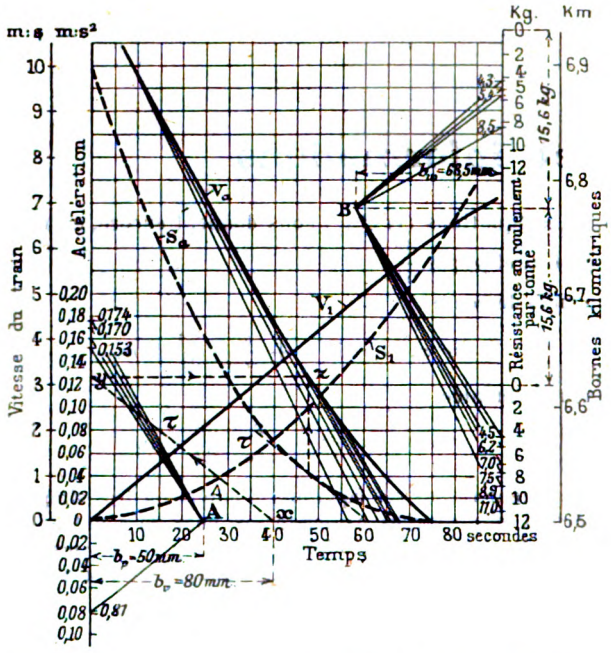


Fig. 1. — Courbes des espaces, des vitesses et des accélérations relatives à l'essai 3.

Les échelles du graphique sont les suivantes : espace, $m_e = 0{,}5$; temps, $m_t = 2$; vitesse, $m_v = 20$; accélération, $m_p = 500$ et résistance, $m_w = 5$.

les valeurs de w ; celles-ci sont exprimées en kilogrammes par tonne du poids de la locomotive. Dans les équations (4) et (5), on a donné au terme de correction x_0 la valeur 25 qui résulte des essais et du calcul. Sur la figure 1, on a tenu compte du terme additionnel n, qui représente la pente, en déplaçant l'échelle des résistances. Dans l'essai 3, la valeur moyenne de n a été de 15 pour 1 000.

On a réuni dans le tableau II les valeurs de p_b, p_v et w ainsi que celles du facteur de correction x, calculées d'après la formule (3).

Si on porte les valeurs de w en ordonnées et, en abscisses, les valeurs correspondantes de la vitesse exprimée en kilomètres : heure, on constate que les points relatifs aux trois essais se répartissent autour de la courbe théorique en trait plein (fig. 2) qui répond à l'équation

$$w = 4{,}0 + 0{,}0049\ v^2, \ (v, \text{ en km : h}).$$

Les essais ont donné comme valeur moyenne du facteur de correction x, 26,8 pour 100, ce qui signifie que pour tenir compte, dans les calculs, de l'effet d'inertie dû aux variations de vitesse, il faut supposer que la locomotive a un poids apparent égal à 1,268 fois son poids réel, soit

Tableau II.

Vitesse en m : s	Valeurs déduites des courbes de la figure 1 : p_b en m : s²	p_v en m : s²	Moyenne de $p_b + p_v$ en m : s²	Facteur de correction x en centièmes	Résistance au roulement en kilogrammes par tonne : Descente	Montée
1					4,3	
2						
3	0,082	0,153				4,5
4	0,081	0,160				5,2
5	0,081	0,170	0,246	24	5,0	6,8
6	0,080	0,174			5,4	7,0
7					8,5	7,3
8						7,5
9						8,9
10						11,0

1,268 × 45 = 61,5 t. Ce nombre avait déjà été trouvé par le calcul. Les masses de toutes les parties tournantes, réduites au rayon du pignon, ont été trouvées égales à 1 184 kg-s² : m, dont la majeure partie, soit 800 kg-s² : m, est imputable aux rotors des deux moteurs. La valeur correspondante du terme de correction est donc

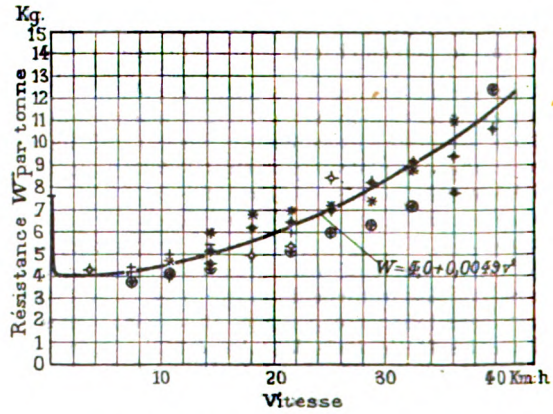


Fig. 2. — Courbe théorique $w = 4{,}0 + 0{,}0049\ v^2$ donnant les valeurs de la résistance au roulement en fonction de la vitesse. Les valeurs déduites des 3 essais sont indiqués par des différents symboles. Descente 1, 2 et 3 ; montée 1, 2 et 3.

$x = \frac{1184}{48{,}5} = 24{,}4$ pour 100, ce qui prouve que, dans les locomotives électriques, ce facteur dépend principalement du moment d'inertie des moteurs. Pour la locomotive ayant servi aux essais, l'un des moteurs était caractérisé par $PD^2 = 210$ kg-m² ; pour des locomotives plus puissantes, ce moment d'inertie peut dépasser 1 000 kg-m². ce qui entraîne une augmentation apparente du poids de la locomotive de 40 à 45 pour 100.

Ces chiffres sont absolument inconnus dans la construction des locomotives à vapeur, ce qui démontre que la dynamique des locomotives électriques diffère complètement de celle des locomotives à vapeur et que les organes de commande doivent être conformés d'une façon spéciale. — L.-G. S.

Digitized by Google

SECTION ÉCONOMIQUE & FINANCIÈRE

Revues, analyses et informations

Convention commerciale entre la France et l'Espagne, et extrait du tarif douanier espagnol en ce qui concerne le matériel électrique.

Une convention commerciale, conclue sur la base d'une équitable réciprocité, a été décidée entre la France et l'Espagne pour favoriser les échanges et la coopération économique entre les deux pays. Cette Convention a été mise en application depuis le 15 juillet 1922, conformément au décret suivant, publié dans le « Journal officiel » du 12 juillet 1922.

Décret du 11 juillet portant publication et mise en application, à titre provisoire, de la Convention commerciale entre la France et l'Espagne, signée à Madrid le 8 juillet 1922.

LE PRÉSIDENT DE LA RÉPUBLIQUE FRANÇAISE,

Vu l'article 8 de la loi du 16 juillet 1875 :
Vu la loi du 29 juillet 1919 ;
Sur la proposition du président du Conseil, ministre des Affaires étrangères, du ministre des Finances, du ministre du Commerce et de l'Industrie et du ministre de l'Agriculture,
Le Conseil des Ministres entendu,

Décrète :

ARTICLE PREMIER. — La Convention commerciale entre la France et l'Espagne, signée à Madrid, le 8 juillet, et dont la teneur suit, sera insérée au *Journal Officiel* et entrera en application à partir du 15 juillet 1922, en attendant son approbation par le Sénat et la Chambre des députés.

ART. 2. — Le président du Conseil, ministre des Affaires étrangères, le ministre des Finances, le ministre du Commerce et de l'Industrie et le ministre de l'Agriculture sont chargés, chacun en ce qui le concerne, de l'exécution du présent décret.

Fait à Paris, le 11 juillet 1922.

Texte de la Convention.

Le texte de la convention est le suivant :

Le gouvernement de la République française et le gouvernement de Sa Majesté le roi d'Espagne, animés du même désir de maintenir les relations cordiales entre la France et l'Espagne, de multiplier les rapports de bon voisinage de resserrer toujours davantage les liens d'amitié et de favoriser les échanges et la coopération entre les deux pays, ont décidé de conclure une convention commerciale sur la base d'une équitable réciprocité et ont nommé pour leurs plénipotentiaires à cet effet, savoir :

Le Président de la République française,
Son Excellence M. Defrance, ambassadeur de la République à Madrid,
Et Sa Majesté le roi d'Espagne,
Son Excellence M. Fernand Pridat, ministre d'État,
Lesquels, après s'être communiqué leurs pleins pouvoirs, trouvés en bonne et due forme, sont convenus des dispositions suivantes :

ARTICLE PREMIER. — Les produits naturels ou fabriqués originaires et en provenance d'Espagne, des îles Baléares, des îles Canaries ou des possessions espagnoles, énumérées à la liste A, annexée au présent traité, seront admis à leur importation en France ou dans les colonies et possessions françaises qui ont le même régime douanier que la métropole, au bénéfice du tarif minimum, c'est-à-dire des taux les plus réduits tant en ce qui concerne les droits et taxes à l'importation actuellement établis ou ceux que la France pourrait éventuellement leur substituer qu'en ce qui concerne les surtaxes, coefficients ou autres majorations temporaires que la France a établis ou pourrait établir.

Le traitement de la nation la plus favorisée qu'implique l'octroi du tarif minimum pour les articles énumérés à ladite liste A, n'autorise pas cependant l'Espagne à réclamer le bénéfice des avantages préférentiels que la France pourrait accorder à ses protectorats, ainsi que du régime tarifaire spécial qui résulterait des unions économiques qu'elle pourrait éventuellement conclure avec des pays limitrophes ou de celui qu'elle pourrait accorder temporairement à certains produits dont l'importation est destinée à faciliter les règlements financiers avec les pays qui ont été en état de guerre avec la France pendant les années 1914-1918.

ART. 2. — Les produits naturels ou fabriqués, originaires et en provenance d'Espagne, des îles Baléares, des îles Canaries ou des possessions espagnoles, énumérés à la liste B, ci-annexée, bénéficieront, à leur importation en France ou dans les colonies ou possessions françaises qui ont le même régime douanier que la métropole, des pourcentages de réduction indiqués à ladite liste, lesquels porteront, sur l'écart entre les taux du tarif général et ceux du tarif minimum. Ces pourcentages resteront les mêmes quels que soient les lèvements ou abaissements de tarifs, surtaxes ou coefficients que la France pourrait instituer dans l'avenir.

ART. 3. — Les produits naturels ou fabriqués originaires et en provenance de France, des colonies et possessions françaises énumérés à la liste C seront admis à leur importation en Espagne et dans les îles Baléares au taux des droits d'importation indiqués à ladite liste, sans que ces droits puissent être l'objet d'aucun coefficient, majoration ou surtaxe autres que ceux qui résultent actuellement de la législation douanière.

Lesdits droits seront immédiatement et inconditionnellement ramenés aux taux plus favorables que le gouvernement espagnol pourrait établir par une mesure tarifaire nouvelle ou accorder à un pays étranger par voie conventionnelle, sans que la France puisse toutefois réclamer le bénéfice du traitement préférentiel que l'Espagne a établi ou pourrait établir en faveur des produits portugais et des produits originaires et en provenance de la zone espagnole du Maroc.

ART. 4. — Tous produits naturels ou fabriqués originaires et en provenance de France, des colonies et possessions françaises autres que ceux énumérés à la liste C seront soumis à leur importation en Espagne et dans les îles Baléares aux droits de la deuxième colonne de l'arancel.

Toutefois les produits énumérés à la liste D bénéficieront, en vertu du traitement de la nation la plus favorisée, des

Digitized by Google

réductions conventionnelles que l'Espagne pourrait accorder sur les droits de la deuxième colonne de l'arancel à tout produit naturel ou fabriqué originaire et en provenance de pays tiers, à l'exception des produits originaires et en provenance du Portugal ou de la zone espagnole du Maroc.

Art. 5. — La France pour les produits énumérés à la liste A et l'Espagne pour les produits énumérés aux listes C et D visées aux articles précédents, s'accordent réciproquement le bénéfice des taux plus favorables qui pourraient résulter éventuellement de modifications apportées à la nomenclature douanière ou de spécialisations introduites dans les tarifs en vertu de mesures administratives ou légales ou de conventions conclues avec d'autres puissances.

Art. 6. — Les produits originaires et en provenance de France, des colonies et possessions françaises seront soumis, à leur importation dans les îles Canaries et possessions espagnoles du nord de l'Afrique, au régime des ports francs et taxes ou contributions actuellement en vigueur et y jouiront, pendant la durée du présent traité, de tous les avantages que l'Espagne accorde ou pourrait accorder à un pays tiers.

Art. 7. — Seront considérées comme effectuées en droiture les importations par la voie de l'Espagne des produits naturels ou fabriqués, originaires et en provenance des îles Baléares et des possessions espagnoles de la côte du Maroc.

Pour être admis au bénéfice du transport en droiture, les produits originaires et en provenance des îles Canaries qui toucheraient un port espagnol ne pourront y subir de rupture de charge que sous la surveillance des autorités douanières, qui certifieront l'identité de la marchandise, et ils devront arriver en France ou dans les colonies, possessions et protectorats français, accompagnés d'un connaissement direct émis dans le pays d'origine.

Art. 8. — Les hautes parties contractantes s'accordent réciproquement le traitement de la nation la plus favorisée, en ce qui concerne les droits et taxe d'exportation actuellement en vigueur ou qu'elles pourraient instituer à l'avenir.

Art. 9. — Toute levée des prohibitions d'entrée actuellement existantes qui serait accordée, même à titre temporaire, ou dans la mesure de contingents définis, par une des hautes parties contractantes aux produits d'une tierce puissance, s'appliquera immédiatement et inconditionnellement aux produits identiques ou similaires originaires et en provenance de l'autre.

Art. 10. — Dans le cas où l'autre des hautes parties contractantes établirait de nouvelles prohibitions, soit à l'entrée, soit à la sortie, l'octroi de dérogations ou la fixation de contingents sera étudié sur la demande de l'une ou l'autre des hautes parties contractantes, de façon à ne préjudicier que le moins possible aux relations commerciales entre les deux pays.

Art. 11. — Les produits du sol ou de l'industrie de l'un des deux pays importés sur le territoire de l'autre et destinés à l'entreposage ou au transit vers quelque destination que ce soit, ne seront soumis à aucun droit de douane ou à aucun droit intérieur autres que les taxes actuellement existantes dans chacun des deux pays ou tous autres droits et taxes exclusivement destinés à couvrir les dépenses de surveillance et d'administration que peut imposer le transit, sans préjudice toutefois des taxes fiscales afférentes aux transactions dont ces marchandises pourraient être l'objet au cours de leur entreposage ou de leur transport.

Art. 12. — Les hautes parties contractantes s'accorderont, dans leurs territoires d'outre-mer qui ont un régime douanier spécial, le traitement de la nation la plus favorisée en ce qui concerne les tarifs d'importation et d'exportation et en général toutes facilités douanières.

Art. 13 — Les hautes parties contractantes s'engagent à ouvrir dans le délai de six mois et à poursuivre ensuite sans interruption des conversations en vue de s'accorder sur les dispositions à prendre pour assurer la répression de la contrebande qui pourrait se produire sur la frontière terrestre ou dans les ports des deux pays.

La discussion à ce sujet devra porter notamment sur les sociétés illégales qui auraient pour but de favoriser la fraude, et sur les mesures communes qui pourraient être prises par les deux administrations compétentes à l'effet de la faire disparaître.

Jusqu'à la conclusion de l'accord ci-dessus prévu, les hautes parties contractantes s'engagent à se fournir mutuellement, par l'entremise de leurs autorités douanières respectives, tous les renseignements relatifs aux importations et exportations qui pourraient faciliter la répression de la contrebande par les autorités administratives et judiciaires dès qu'une demande leur aura été présentée à cet effet.

Art. 14. — Chacune des hautes parties contractantes s'engage à faire profiter l'autre, immédiatement et sans compensation, de toute faveur, privilège ou abaissement dans les droits d'octroi, d'accise et tous droits accessoires ou locaux à l'importation, à l'exportation, à la réexpédition, au transit, à l'entreposage, pour les marchandises mentionnées ou non dans la présente convention, qu'elle a accordés ou pourrait accorder à l'avenir à toute autre puissance.

Le traitement de la nation la plus favorisée est également garanti à chacune des hautes parties contractantes en ce qui concerne le transbordement des marchandises et l'accomplissement des formalités de douane; le tratien ent national est réciproquement octroyé en ce qui touche les droits de consommation ou autres appliqués aux nationaux.

Art. 15. — Chacune des hautes puissances contractantes pourra exiger, pour établir l'origine des produits importés, la présentation par l'importateur d'une déclaration officielle constatant que l'article importé est de production ou de fabrication nationale, ou qu'il doit être considéré comme tel, étant donnée la transformation qu'il a subie dans le pays d'où il provient.

Les certificats d'origine, établis conformément au modèle annexé au présent traité sous le n° 1, seront délivrés, soit par le Ministère du Commerce ou celui de l'Agriculture, soit par les Chambres de Commerce dont relève l'expéditeur, soit par tout autre organe ou groupement que le pays destinataire aura agréé; ils seront légalisés par un représentant diplomatique ou consulaire du pays destinataire.

Au cas où l'expéditeur pourra craindre que, malgré le certificat d'origine accompagnant la marchandise, celle-ci demeure sujette à contestation, il pourra faire confirmer le certificat d'origine par un certificat de vérification établi et signé à la fois par l'auteur du certificat d'origine et par un agent technique que désignera le représentant diplomatique ou consulaire du pays destinataire. Cet agent pourra, pour procéder à la vérification, exiger toute preuve ou communication expédiente. Si la marchandise est accompagnée d'un certificat de vérification, elle ne sera sujette à l'expertise légale en douane que dans le cas de fraude ou de substitution présumée.

Les colis postaux seront dispensés du certificat d'origine, quand le pays destinataire reconnaîtra qu'il ne s'agit pas d'envois revêtant un caractère commercial.

Art. 16. — Les hautes parties contractantes, animées d'un égal désir d'arriver à un complet accord au sujet de l'interprétation et de la portée de l'arrangement concernant la répression des fausses appellations d'origine sur les marchandises, conclu à Madrid le 14 avril 1891, s'engagent à ouvrir dans le délai de six mois, et à poursuivre ensuite sans interruption les négociations nécessaires pour arriver à une solution satisfaisante des difficultés auxquelles donne lieu ledit arrangement, et pour assurer éventuellement l'action conjointe de l'Espagne et de la France en faveur de l'intérêt commun qui les unit en cette matière.

Art 17. — Les hautes parties contractantes s'engagent, chacune en ce qui la concerne, à admettre les certificats d'analyse délivrés par des laboratoires officiels de l'autre pays, comme preuve que les produits naturels d'origine du pays qui a délivré le certificat d'analyse, importés sur le territoire de l'autre, répondent aux prescriptions de la législation intérieure de ce dernier pays.

Chacune des hautes parties contractantes conserve le droit de faire procéder, le cas échéant, et notamment dans

Digitized by Google

le cas de suspicion de fraude, à toutes vérifications utiles, nonobstant la production du certificat d'analyse ci-dessus prévu.

Lorsque le certificat d'analyse attestera, en outre, que les produits naturels qui y sont visés ont droit à une appellation d'origine reconnue par la législation de leur propre pays, ces produits seront dispensés, à l'importation dans l'autre pays, de la production du certificat d'origine prévu à l'article 15 de la présente convention. Les hautes parties contractantes s'engagent à prendre toutes précautions nécessaires pour garantir l'identité de la marchandise exportée et celle de l'échantillon soumis à l'analyse.

La procédure établie par chaque gouvernement pour assurer, dans les conditions ci-dessus énoncées, le prélèvement des échantillons, ainsi que les modèles de certificats, seront notifiés à l'autre pays et agréés par lui.

La liste des laboratoires officiels chargés dans chaque pays de la délivrance des certificats d'analyse sera notifiée par chacun des gouvernements à l'autre dans le plus bref délai à dater de la mise en vigueur de la présente convention.

ART. 18. — Les hautes parties contractantes, animées du meilleur désir d'arriver à un accord au sujet du régime, dans l'un et dans l'autre pays, des sociétés civiles, commerciales et d'assurances, s'engagent à commencer dans un délai de six mois et à poursuivre ensuite sans interruption les négociations nécessaires pour arriver à un complet accord à ce sujet, pourvu qu'au cours de ce délai une des hautes parties contractantes en fasse la demande.

ART 19. — Les négociants, les fabricants et autres industriels de l'un des deux pays qui prouvent par la présentation de leur carte de légitimation industrielle, délivrée par les autorités compétentes de leur pays, qu'ils y sont autorisés à exercer leur commerce ou leur industrie et qu ils y acquittent les taxes et impôts prévus par les lois, auront le droit, soit personnellement, soit par des voyageurs à leur service, de faire des achats dans les territoires de l'autre partie contractante, chez des négociants ou producteurs ou dans les locaux de vente publics. Ils pourront aussi prendre des commandes, même sur échantillons, chez les négociants ou autres personnes qui, pour leur commerce ou leur industrie, utilisent des marchandises correspondant à oes échantil- Ni dans l'un, ni dans l'autre cas, ils ne seront astreints à acquitter, à cet effet, une taxe spéciale.

Les voyageurs de commerce français et espagnols munis d'une carte de légitimation conforme au modèle annexé à la présente convention et délivrée par les autorités de leur pays respectif auront le droit réciproque d'avoir avec eux des échantillons ou modèles, mais non des marchandises.

Les parties contractantes se donneront réciproquement connaissance des autorités chargées de délivrer les cartes de légitimations, ainsi que des dispositions auxquelles les voyageurs doivent se conformer dans l'exercice de leur commerce.

Les objets passibles d'un droit de douane ou de tout autre droit assimilé, à l'exception des marchandises prohibées à l'importation, qui seront importés comme échantillons ou modèles par les voyageurs de commerce seront, de part et d'autre, admis en franchise de droits d'entrée et de sortie, à la condition que ces objets soient réexportés dans le délai réglementaire et que l'identité des objets réexportés ne soit pas douteuse, quel que soit, du reste, le bureau par lequel ils passent à leur sortie.

La réexportation des échantillons ou modèles devra être garantie dans les deux pays, soit par le dépôt (en espèces) au bureau de douane de l'entrée, du montant des droits applicables, soit par une caution valable, réserve faite dans tous les cas de l'accomplissement, s'il y a lieu, des formalités de la garantie des ouvrages en platine, en or et en argent.

Une fois le délai réglementaire expiré, le montant des droits, selon qu'il aura été consigné ou garanti, sera acquis au Trésor ou recouvré à son profit, à moins qu'il ne soit établi que, dans ce délai, les échantillons ou modèles ont été réexportés.

Si, avant l'expiration du délai réglementaire, les échantillons ou modèles sont présentés à un bureau de douane ouvert à cet effet, pour être réexportés, ce bureau devra s'assurer par une vérification si les articles qui lui sont présentés sont bien ceux pour lesquels a été délivré le permis d'entrée. S'il n'y a aucun doute à cet égard, le bureau constatera la réexportation et restituera le montant des droits déposés à l'importation ou prendra les mesures nécessaires pour la décharge de la caution.

Il ne sera exigé de l'importateur aucun frais, à l'exception toutefois des droits de timbre pour la délivrance du certificat ou permis, non plus que pour l'apposition des marques destinées à assurer l'identité des échantillons ou modèles.

Les ressortissants de l'un des deux pays contractants se rendant aux foires et marchés sur les territoires de l'autre, à l'effet d'y exercer leur commerce ou d'y débiter leurs produits seront réciproquement traités comme les nationaux et ne seront pas soumis à des taxes plus élevées que celles perçues sur ces derniers.

Les dispositions ci-dessus ne sont pas applicables aux industriels ambulants, non plus qu'au colportage et à la recherche des commandes chez les personnes n'exerçant ni industrie ni commerce, chacune des hautes parties contractantes réservant à cet égard l'entière liberté de sa législation.

ART. 20. — La présente convention sera ratifiée et les ratifications en seront échangées à Madrid. Elle est conclue pour un an, ce délai courant du huitième jour de la date de la signature Elle sera prorogée par voie de tacite reconduction et par périodes trimestrielles, si elle n'est pas dénoncée par une des hautes parties contractantes six mois au moins avant l'expiration du premier terme d'un an et deux mois au moins avant l'expiration de chaque période trimestrielle ultérieure.

Fait à Madrid, le 8 juillet 1922.

(L. S.) Signé : DEFRANCE.
(L. S.) FERNANDEZ PRIDA.

Tarif douanier mis en vigueur le 16 février 1922.

Nous donnons ci-après un extrait du nouveau tarif douanier, en ce qui concerne le matériel électrique, mis en vigueur depuis le 16 février 1922 et en remplacement du tarif du 21 mai 1921, d'après une ordonnance royale datée du 12 février 1922.

Les droits sont classés en « premier » et « second » tarifs. Les produits français sont soumis au second tarif, sauf les exceptions prévues dans la convention reproduite ci-dessus et mentionnées sur les listes A, B, C et D.

Les droits sont payables en or. Les pièces d'or des pays de l'Union latine, ainsi que celles des Etats-Unis et de la Grande-Bretagne, sont acceptées au pair par les douanes espagnoles. Les pièces d'argent espagnoles et les billets de la Banque d'Espagne sont également acceptés, mais, dans ce cas, la somme à payer est soumise à une surtaxe proportionnelle, fixée mensuellement et à l'avance, d'après la la valeur moyenne du lingot d'or fin à Londres et la valeur moyenne d'échange de la livre sterling à la Bourse de Madrid pendant le mois précédent. En juillet 1922, cette surtaxe était 22,56 pour 100.

Le droit porté à la deuxième colonne du tarif étant par exemple de 20 pesetas or, le droit en pesetas papier sera de

$$20 + \frac{20 \times 22{,}56}{100} = 24{,}512.$$

La surtaxe compensatoire de l'écart des changes n'est maintenue que vis-à-vis des pays dont le change est déprécié

Digitized by Google

par rapport à la peseta de plus de 70 pour 100. Nous donnons plus loin l'ordonnance royale qui détermine le mode d'application de cette surtaxe.

Un décret royal du 12 mai 1922 paru à la « Gaceta de Madrid » du 13 mai 1922 a modifié sur certains points le tarif mis en vigueur le 16 février 1922; cependant aucune modification relative à ce décret n'a eu lieu pour les objets que nous indiquons ci-après.

Matériel électrique.

NOTA. — *Les marchandises reprises aux numéros marqués d'un* (*) *font partie de la liste* C *de la convention franco-espagnole et bénéficient de droits réduits :*

NUMÉROS	DÉSIGNATION DES MARCHANDISES	DROITS — PREMIER TARIF	DROITS — SECOND TARIF
		pesetas	pesetas
	Dynamos, moteurs électriques, ventilateurs accouplés à des moteurs électriques, alternateurs, transformateurs et magnétos, démarreurs, rhéostats et leurs pièces détachées	100 kg. poids net	
620	jusqu'à 5 kg inclusivement	5 0	200
621	de plus de 5 kg jusqu'à 25 kg inclusivement	450	165
622	de plus de 25 kg jusqu'à 100 kg inclusivement	420	150
623	de plus de 100 kg jusqu'à 500 kg inclusivement	400	140
624 (*)	de plus de 500 kg jusqu'à 1 000 kg inclusivement	360	120
625 (*)	de plus de 1 000 kg jusqu'à 3 000 kg inclusivement	225	75
626 (*)	de plus de 3 000 kg jusqu'à 5 000 kg inclusivement	150	50
	de 5 000 kg et au-dessus	135	45
627 (*)	Groupes électrogènes composés d'un moteur d'un type quelconque, électrique ou non, d'un générateur d'énergie électrique et de machines commutatrices (*a*) :	100 kg. poids net pour 100 *ad valorem*	pour 100
628	jusqu'à 1 000 kg	50	25
629 (*)	de 1 000 kg et au delà	40	21
		100 kg. poids net	
630	Tableaux de distribution complets	275	110
	Interrupteurs, coupe-circuits, limitateurs de courant, porte-lampes, suspensions, culots de lampes, manchons et petit matériel similaire pour installations électriques, composé de pièces métalliques montées sur une matière isolante quelconque :		
631	d'un poids unitaire inférieur à 200 g	600	200
632	d'un poids unitaire de 201 à 1 000 g	400	160
633 (*)	d'un poids unitaire supérieur à 1 000 g	250	100
634	Compteurs électriques, voltmètres, ampèremètres, wattmètres et autres appareils de mesures électriques et leurs pièces détachées	1 kg. poids net 13	5
635	Poêles, calorifères de toutes catégories, fourneaux, fers à repasser et autres appareils similaires	100 kg. poids net 375	125
636	Accumulateurs d'un poids égal ou supérieur à 50 kg par élément (formés de 2 jeux de plaques isolées entre elles et d'un récipient); plaques pour ces accumulateurs, d'un poids égal ou supérieur à 3 kg par plaque; accessoires de toutes catégories pour accumulateurs	110	40
637	Accumulateurs d'un poids inférieur à 50 kg par élément; plaques pour ces accumulateurs d'un poids inférieur à 3 kg par plaque	240	60
		1 kg. poids net	
638	Piles électriques et leurs pièces détachées	3	0,60
639	Piles sèches et leurs pièces détachées	2,40	0,60
640	Câbles et fils pour la transmission de l'électricité, recouverts de fibres textiles avec ou sans mélange de matières isolantes, dont le diamètre est supérieur à 1 cm	100 kg. poids brut 225	90
641	Les mêmes câbles et les fils dans les mêmes conditions dont le diamètre ne dépasse pas 1 cm	600	200
		100 kg. poids brut	
642	Fils ou câbles métalliques isolés au moyen de fibres textiles, de vernis végétaux ou minéraux, d'un diamètre inférieur à 0,5 mm, destinés au bobinage des moteurs et appareils électriques	750	300
		1 kg. poids net	
643	Appareils télégraphiques et téléphoniques, tableaux pour centrals télégraphiques et téléphoniques et leurs pièces détachées	5	2,50
	Lampes électriques à incandescence :		
644	complètes	36	12
645	sans monture	48	16
646	Lampes électriques à vapeur de mercure et autres lampes non dénommées ailleurs et leurs pièces détachées	8	3,20
647	Projecteurs électriques	6	2
648	Enseignes lumineuses, lampes à arc voltaïque et leurs pièces détachées (à l'exception des charbons et matériel de suspension)	6	2
649	Charbons pour lampes à arc voltaïque	4,50	1,50
650	Electrodes pour la métallurgie, l'industrie chimique et les usages similaires	0,60	0,30
651	Objets en charbon comprimé pur, en graphite ou en métaux pour applications électriques (à l'exception des électrodes)	2,50	1
	Tubes isolants en carton bitumé ou goudronné :	100 kg. poids net	
652	non doublés de métal	45	15
653	doublés de fer, plombés, de laiton, d'aluminium ou d'un autre métal	156	52
		1 kg. poids net	
654	Toiles et rubans isolants employés en électricité	5	2

(*a*) Les bâtis acquittent séparément les droits correspondant aux matières dont ils se composent.

Digitized by Google

Extraits des listes A, B, C et D.

Liste A. — Aucun des articles ou marchandises signalés dans la liste A, ne sont relatifs à ceux publiés dans le tarif ci-dessus.

Liste B. — Parmi les articles de cette liste, nous relevons les ouvrages en plomb, accumulateurs électriques, piles sèches, indiqués sous les numéros 576 à 576 quater, pour lesquels le taux est de 80 pour 100.

Liste C. — Les droits pour différents articles publiés dans le tarif ci-dessus sont les suivants :

NUMÉROS DU TARIF ESPAGNOL	DÉSIGNATION DES ARTICLES	DROITS
624	Machines électriques de 500 kg à une tonne....	108 pesetas les 100 kg
625	Machines électriques de 1 à 3 tonnes.....	67 id
626	Machines électriques de 3 à 5 tonnes.....	45 id
627	Machines électriques de plus de 5 tonnes.....	36 id
Ex 629	Groupes électrogènes de plus de une tonne.....	15 pour 100 *ad valorem*
623	Interrupteurs de 1 à 100 kg inclus.....	90 pour 100 les 100 kg
	Interrupteurs de 100 kg à une tonne.....	80 id
	Interrupteurs de 1 à 5 tonnes.....	60 id
	Interrupteurs de plus de 5 tonnes.....	40 id

Liste D. — Les numéros des articles du tarif espagnol classés dans cette liste et se rapportant au tarif publié ci-dessus sont les suivants :

615 à 623 ; 628 à 632 ; 634 à 651 ; 654 à 664.

Ordonnance royale du 29 mai 1922, établissant une surtaxe de 80 pour 100 sur les droits de douane auxquels sont soumises les marchandises en provenance des pays dont la monnaie subit une dépréciation supérieure à 70 pour 100.

Voici ci-après une traduction de cette ordonnance qui a été publiée dans le numéro du 30 mai 1922 de la « Gaceta de Madrid ».

S. M. le Roi, d'accord avec son Conseil des Ministres, a bien voulu décider ce qui suit :

A partir du 1er juin prochain, les marchandises originaires et en provenance de pays dont la monnaie subit une dépréciation égale ou supérieure à 70 pour 100 du pair monétaire par rapport à la peseta, seront soumises au paiement d'une surtaxe qui s'ajoutera aux droits que lesdites marchandises doivent payer à l'importation en Espagne.

Cette surtaxe, qui s'appliquera indistinctement à toutes les marchandises que comprend le tarif douanier consistera en un pourcentage sur le compte ordinaire des droits. Il sera déterminé en multipliant le coefficient fixe 0,8 par la différence entre le chiffre 100 et le cours moyen qu'aura atteint en Bourse de Madrid la devise du pays intéressé pendant le mois antérieur à celui où seront liquidés les comptes. Quand les opérations en Bourse seront faites par l'intermédiaire d'une autre unité monétaire, d'une autre espèce, cette dernière sera, pour les calculs, réduite à un tant pour cent équivalent.

Le même système de surcharge pour monnaie dépréciée sera appliqué aux marchandises originaires et en provenance des pays soumis à la première colonne de l'arancel, quelle que soit la dépréciation frappant leurs devises par rapport à la peseta.

La « Gaceta de Madrid » publiera chaque mois les cours moyens mensuels qui serviront de base pour la liquidation de la surtaxe pendant la durée de chaque mois.

Le présent Ordre abroge l'Ordre royal du 29 février dernier.

Madrid, 29 mai 1922.

BERGAMIN.

Assemblées générales

Compagnie française de Tramways et d'Eclairage électriques de Shanghaï.

ASSEMBLÉE GÉNÉRALE ORDINAIRE DU 23 JUIN 1922.

Durant l'exercice, la compagnie a continué l'exécution de son programme de travaux; malgré les difficultés rencontrées, les installations des nouveaux préfiltres, deux des nouveaux filtres et la nouvelle conduite maîtresse doivent être terminés. La nouvelle centrale électrique devait être mise en service à l'automne et les nouvelles voitures motrices et les nouvelles remorques le seront en fin d'année.

Les recettes des Tramways se sont élevées à 487 203,53 taels contre 421 640,28 en 1920.

Pour remédier à la baisse du change, la compagnie a dû, d'accord avec les compagnies voisines, porter le billet de un cent à deux cents, ce qui, dans une certaine mesure, la dédommage de la perte importante qu'elle subit.

Il a été transporté, en 1921, 39 850 584 voyageurs contre 34 109 295 en 1920.

Pour l'éclairage, l'exploitation comptait à la fin de 1921 6207 abonnés, en augmentation de 942 abonnés. Les recettes ont été de 542 876 taels en augmentation de 81 904 taels.

La production d'eau et le nombre d'abonnés ont augmenté également. Les recettes se sont élevées à 255 672 taels.

Malgré les pertes au change, la société a pu procéder à des amortissements exceptionnels de frais de premier établissement s'élevant à 1 492 801,48 fr et à des amortissements ordinaires au taux de 8 pour 100 sur le montant des dépenses, soit 587 741,36 fr.

Le compte de profits et pertes présente un solde bénéficiaire de 2 700 977,42 fr, qui se répartit : 5 pour 100 à la réserve légale, 6 pour 100 de dividende aux actions, 10 pour 100 sur le reste au Conseil d'administration et 7 pour 100 de dividende complémentaire. Il reste 821 335,70 fr auxquels s'ajoute le report précédent, 300 384,91 fr.

Il est affecté 1 000 000 fr à la réserve pour extensions et réfections.

Le report à nouveau est de 121 720,61 fr.

Le dividende de 32,50 fr par action est payable, sous déduction des impôts, depuis le 1er juillet 1922.

BILAN AU 31 DÉCEMBRE 1921.

Actif.

	taels (1)
Apports.....	Mémoire
Frais de premier établissement : Usine municipale.	Mémoire

(1) Le cours du tael a été en moyenne, en 1921, de 9,197 fr au lieu de 16,03 fr en 1920.

Digitized by Google

Tramways	1 713 046,68
Eclairage	3 416 289,27
Concession des eaux : travaux neufs et grosses réparations	2 427 998,37
Concession des eaux : compte spécial	3 »
Commandes en cours d'exécution et marchandises en route	2 609 596,87
Magasin général	7 324 276,52
Débiteurs divers	434 847,83
Mobilier	1 »
Espèces en caisse et en banques :	
A Paris	1 341 412,48
A Shanghaï	507 921,24
Portefeuille Paris	1 000 000 »
Shanghaï	10 565 »
	20 876 958,26

Passif.

	taels
Capital actions	12 000 000 »
Réserve légale	521 550,49
Amortissement contractuel « concession des eaux »	291 230,88
Provision pour différence de change	250 000 »
Réserve spéciale pour accidents	250 000 »
Réserve pour extensions et réfections	4 000 000 »
Dividendes restant à payer	25 642,50
Créditeurs divers	537 172,06
Profits et pertes reportés	300 384,91
Solde bénéficiaire	2 700 977,42
	20 876 958,26

Compagnie lorraine de Charbons, Lampes et Appareillage électriques.

ASSEMBLÉE GÉNÉRALE ORDINAIRE DU 29 SEPTEMBRE 1922.

Au cours de l'exercice, l'exécution du programme de reconstruction et de remise en marche des usines de Pagny-sur-Moselle a suivi le développement annoncé à la précédente assemblée, mais il a subi les retards causés par l'irrégularité dans la mise à la disposition de la compagnie des ressources financières qui lui étaient nécessaires.

L'usine de lampes à incandescence a reçu divers compléments indispensables aux installations existant en août 1921. Elle atteint une production satisfaisante; l'usine de lampes est alimentée en ampoules par la cristallerie qui est entrée à partir de juillet 1921 dans la période d'exploitation régulière.

L'usine de charbons électriques a réalisé une exploitation restreinte en attendant l'installation des appareils de grosse production dont la mise en route est prochaine. L'exploitation normale semble devoir commencer dans les derniers mois de 1922.

Le laboratoire annexé à cette usine a poursuivi le programme de reconstitution des qualités anciennes, tant en charbons à lumière qu'en balais de machines électriques, et a commencé la préparation des qualités nouvelles répondant aux besoins nouveaux de l'industrie électrique.

L'exercice écoulé a été caractérisé par une crise des affaires, ressentie par toutes les industries, qui a amené une réduction sensible des ventes par comparaison à celles réalisées dans l'exercice précédent.

La diminution des ventes, ainsi que l'élévation des frais d'exploitation correspondants à la période de mise en route des usines, sont les causes du résultat déficitaire de cet exercice, qui se traduit par une perte de 130 420,70 fr.

A la suite de la suspension des versements d'avances en bons du Trésor que la compagnie recevait de l'Office de la Reconstitution industrielle, elle a dû chercher des ressources financières en obtenant de cet Office, sur la base d'un chiffre provisoire de ses dommages, la remise d'annuités qu'elle a mobilisées par une opération de crédit réalisée par la Société de Reconstitution d'Usines sinistrées (groupement Cail, Fives-Lille, Thomson-Houston), conformément aux articles 152 et suivants de la loi du 31 juillet 1920.

Les sommes ainsi produites, soit 13 669 000 fr, figurent au bilan, à l'actif, sous le paragraphe « Annuités dues par l'Etat » et au passif, « Annuités mobilisées ».

Par présentation de justifications de remploi, acceptées par l'Office de Reconstitution industrielle, la compagnie a pu obtenir jusqu'en juillet dernier le remboursement des dépenses faites pour la reconstitution.

La limite fixée par les règles administratives, basée sur l'évaluation provisoire du dossier de dommages de guerre, est actuellement atteinte et les ressources à recevoir par prélèvement sur l'émission d'obligations sont suspendues jusqu'à ce que le montant du dossier de dommages soit définitivement fixé.

Le dossier constituant les réclamations pour dommages de guerre déposé en décembre 1920, examiné au cours de l'année 1921, a fait, en 1922, l'objet de plusieurs revisions successives qui, par application de circulaires administratives à effet toujours plus restrictif, ont donné lieu à des réductions importantes des évaluations primitives. La compagnie a été amenée à restreindre momentanément le programme de reconstitution, en particulier en suspendant la reconstruction de l'usine de distillation de goudron.

Elle a l'espoir que les évaluations trop réduites ne seront pas maintenues. Dans le cas contraire, elle serait mise, malgré ses efforts, dans l'impossibilité de reconstituer ses usines de Pagny-sur-Moselle avec l'importance de moyens de production qu'elles possédaient en 1914, et qui permettaient à la compagnie de lutter avantageusement contre la concurrence étrangère.

Le solde du compte de profits et pertes s'élevant à 901 078,88 fr, résultant des pertes des exercices antérieurs, soit 768 667,18 fr, et de l'exercice 1921-1922 de 132 420,70 fr, est reporté à nouveau.

BILAN AU 31 MARS 1922

Actif.

	fr
Actionnaires	1 125 000 »
Immobilisation 1914 :	
Usines et matériel	3 830 774,62
Marchandises en magasin	2 216 536,27
Acquisitions immobilières	1 132 109,94
Mobilier, installation des bureaux	20 868,57
Frais de constitution	1 »
Frais d'émission et primes de remboursement des obligations	300 000 »
Dommages de guerre :	
Reconstitution des usines de Pagny	16 841 666,20
Annuités dues par l'Etat	13 669 000 »
Marchandises et travaux en cours	2 816 450,36
Caisses et banques	257 044,13
Titres en portefeuille	7 787 »
Débiteurs divers	1 067 940,40
Report des exercices du 1er avril 1914, 31 mars 1921	768 667,18
Pertes et profits, perte de l'exercice 1er avril 1921 au 31 mars 1922	132 420,70
	44 186 286,44

Passif.

	fr
Capital	4 000 000 »
Obligations	5 000 000 »
Réserve légale	33 312,65
Réserve générale	192 854,49
Fonds de renouvellement	200 000 »
Dommages de guerre :	
Avances de l'Etat	18 833 296,94
Annuités mobilisées	13 669 000 »
Créditeurs divers	1 714 281,50
Effets à payer	384 525,04
Comptes d'ordre	159 015,82
	44 186 286,44

Digitized by Google

SECTION DE LÉGISLATION

La réforme de la législation sur la propriété industrielle

L'auteur examine l'état actuel de la législation sur les brevets d'invention, les marques de fabrique, les dessins et modèles, les noms commerciaux, les appellations d'origine, la concurrence déloyale, tant au point de vue interne qu'international; il en souligne les lacunes, montre les réformes réclamées par les besoins modernes, celles envisagées par les projets en instance devant le Parlement, et conclut à la nécessité d'un vote rapide des mesures envisagées, qui contribueraient à donner à notre pays dans ce domaine, si important au point de vue économique, un instrument législatif aussi parfait que possible, et sur la base duquel le gouvernement pourrait conclure les nombreux traités de commerce en instance.

I. **Considérations générales.** — Le progrès industriel et commercial et, par suite, la force économique d'un pays, est fonction étroite de la perfection de sa législation industrielle et commerciale. Les découvertes, les créations de la forme, leurs applications à l'industrie, les productions naturelles ou fabriquées, les marques, dont sont revêtues les marchandises, les dénominations garantissant la qualité ou l'origine, ne peuvent être efficacement protégées tant à l'intérieur que sur les marchés mondiaux et, par suite, assurer une production et un trafic rémunérateurs, à l'abri des pillages et des fraudes, que si une législation répondant aux besoins modernes existe et est appliquée.

Or, malgré l'arsenal respectable de lois déjà promulguées sur la matière depuis la mise en vigueur des Codes, malgré le perfectionnement progressif, quoique moins rapide que le développement des besoins de l'industrie et du commerce, de notre législation spéciale, notre pays n'est pas encore doté de l'organisme législatif que réclament nos producteurs de toute catégorie, et bien que la législation actuelle soit une des meilleures qui existent, au point qu'elle a fréquemment servi de modèle aux pays étrangers, d'importantes lacunes restent à combler pour parvenir à cette quasi-perfection, qui doit être notre but, puisque aussi bien elle contribuerait puissamment à assurer le développement de notre industrie. Le gouvernement n'ignore rien de l'urgence des réformes réclamées depuis de longues années tant par les groupements qualifiés du commerce et de l'industrie, que par les techniciens et juristes éclairés sur la matière de la propriété industrielle, et déjà, bien avant la guerre, il avait élaboré une série de projets destinés à doter notre pays des perfectionnements nécessaires.

La guerre n'a pas complètement arrêté ces préoccupations ; on peut même dire qu'en en suspendant la réalisation elle a permis d'améliorer sensiblement les projets initiaux ; mais il est grand temps, maintenant que les propositions de lois paraissent au point, que le Parlement les inscrive à son ordre du jour et les vote sans trop les modifier, les textes en question étant le fruit d'une longue méditation des organismes les plus qualifiés du commerce et de l'industrie, aidés des lumières des « compétences » les plus établies.

La législation concernant la protection de la propriété industrielle est extrêmement vaste; vouloir l'examiner en détail nous entrainerait beaucoup trop loin.

Il nous faut donc, négligeant les dispositions secondaires pour ne pas surcharger notre étude et en rendre la lecture difficile aux non initiés, examiner la législation des brevets d'invention, celle des marques de fabrique et de commerce, celle des appellations d'origine, celle des dessins et modèles, les dispositions réprimant la concurrence déloyale, les conventions internationales, leurs lacunes, les perfectionnements nécessaires et ceux que comportent les projets de réforme élaborés ou envisagés.

II. **Législation des brevets d'invention : dispositions actuelles et projet de réforme du gouvernement.** — Notre loi sur les brevets, qui a servi de modèle depuis un demi-siècle à de nombreux pays européens et extra-européens, date de 1844.

Excellente à l'époque, elle est évidemment, et depuis trop longtemps déjà, dépassée par les besoins de notre industrie.

Modifiée très légèrement, et dans des dispositions, qui pour avoir été secondaires étaient fort importantes au point de vue pratique, en 1856, en 1902, en 1909, puis en 1920 et 1921, elle a été l'objet, depuis une vingtaine d'années tout spécialement, d'une série de projets de réforme.

Peut-être est-il heureux qu'ils n'aient pas abouti, bien que successivement déposés par les gouvernements et rapportés favorablement par le Parlement, puisque le projet, encore secret officiellement, mais dont les dispositions capitales sont le secret de polichinelle, que va déposer le gouvernement, à bref délai, espérons-le, est beaucoup complet que ses prédécesseurs !

On peut caractériser la législation actuelle des brevets en quelques mots : on peut breveter toute décou-

Digitized by Google

verte dans tous les genres d'industrie pourvu que l'invention ait un caractère industriel, qu'il s'agisse de nouveaux produits, de nouveaux moyens, ou d'une application nouvelle de moyens connus, à l'exclusion des remèdes (pour éviter la spéculation sur des produits utiles à la santé publique), des combinaisons de crédit ou de finances (dangereuses pour le crédit public) et des découvertes contraires aux lois et aux bonnes mœurs; le brevet est délivré sans garantie du gouvernement, sans examen préalable, aux risques du demandeur ; le breveté doit payer une taxe annuelle de 100 fr (portée à 125 fr la première année, 200 fr la seconde, 300 fr la troisième, etc... depuis la dernière loi de finances) à peine de déchéance ; il doit exploiter dans un délai de trois ans, et continuer sous peine de déchéance, etc... Moyennant l'observation des diverses obligations de la loi, il jouit d'un monopole, sévèrement protégé pendant quinze ans!

Quelles réformes comporte le projet envisagé, et quelle est leur respective importance?

1° Brevetabilité. — Tout d'abord, le projet consacre une modification d'un caractère pratique important concernant les conditions de brevetabilité. Il admet la brevetabilité des produits chimiques définis, même à usage exclusivement pharmaceutique; il serait à souhaiter qu'il distinguât, à l'exemple de la loi allemande, le procédé du produit, et qu'il permît la prise d'un brevet de corps chimique défini, quant au procédé qui le procure, tout en laissant dans le domaine public le produit lui-même, et cela en raison des besoins de la santé publique. Quoi qu'il en soit, le projet assurerait le développement en France des industries de produits chimiques, en les mettant à même de mieux lutter avec leurs concurrents étrangers.

Le projet donnerait une définition plus générale des inventions non brevetables dans l'intérêt public, au lieu de les limiter aux catégories un peu étroites et désuètes de la loi actuelle.

2° Durée des brevets. — Le projet accorderait aux inventeurs une satisfaction depuis longtemps réclamée par eux; il porterait la durée du privilège de quinze à vingt ans. De cette façon, la France détiendrait la plus longue durée du monopole accordé à l'inventeur, à l'imitation de certaines législations plus récentes que la nôtre, notamment celle des Etats-Unis d'Amérique, de Grande-Bretagne, etc....

3° Taxes. — La modification récente introduite par la loi de finances de 1921 serait maintenue (voir *supra*), elle consacre le système plus rationnel de la taxe progressive, permettant au breveté, tout en se conformant aux exigences financières actuelles, et en fonction des services à lui rendus par le développement des services de l'Office de la Propriété industrielle, de ne voir accroître ses redevances à l'Etat, garant de son privilège, qu'à mesure que l'exploitation de sa découverte lui permettra de payer des taxes plus élevées.

D'autres dispositions secondaires, quoique d'importance pratique certaine, seraient envisagées, dont l'examen nous entraînerait à de trop longues observations (notamment l'instauration d'une procédure d'opposition à la délivrance d'un brevet par celui se prétendant le véritable inventeur ou par ceux estimant que la découverte ne serait pas nouvelle, ou tout à fait nouvelle).

4° Examen préalable. — Jusqu'ici la délivrance des brevets en France se faisait librement, sous la seule exigence de l'accomplissement de certaines formalités. Dorénavant, il serait institué un bureau d'examen facultatif du mérite de l'invention, à l'instar de ce qu'ont organisé certains pays. Il serait trop long de reprendre ici la dispute classique des avantages respectifs de la délivrance libre ou après examen préalable de l'invention. En général, en France, les « avertis » estiment que, tout compte fait, l'examen préalable, même le plus sérieux, n'apporte aucune garantie certaine; que, par suite, il est souvent plus nuisible qu'utile; c'était, avant la guerre, l'opinion de la majorité des juristes allemands, pays où l'on pratique l'examen préalable très sérieusement. Pour organiser en France un organisme d'examen approfondi (et si l'examen n'est pas très poussé avec des moyens puissants, il est illusoire et dangereux), il faudrait des crédits formidables qu'il est impossible d'envisager dans les circonstances actuelles; c'est, d'autre part, adopter un régime diamétralement opposé à celui dont la France, somme toute, s'est bien trouvée depuis soixante-quinze ans, et que de nombreux pays ont adopté depuis elle. On a donc estimé suffisant, sur la recommandation de la majorité des intéressés et des « compétences » consultées, un régime d'examen facultatif susceptible de renseigner succinctement les inventeurs, de leur éviter certaines illusions, certaines dépenses inutiles, et surtout, par les conseils qui leur seront ainsi fournis, de leur permettre de ne faire breveter que des découvertes ayant chance d'être nouvelles et par suite de leur demeurer, à l'abri des revendications.

5° Transmission de droits. — Une loi récente (16 juin 1920) a organisé les conditions de transmission de propriété et de droits d'exploitation des brevets, instituant un registre d'inscription pour aviser le public et, par ses faibles taxes, assurant à l'industrie le contrôle de la vie matérielle des inventions; le projet incorpore ces modifications, dont l'intérêt pratique est évident.

6° Inventions des salariés (1). — La jurisprudence, en l'absence de texte, a consacré les conditions d'attribution aux employés des découvertes effectuées au cours de leur contrat de louage de services; le projet fixerait nettement les principes directeurs de la dévolution des droits respectifs des patrons et salariés, ce qui serait susceptible d'éviter à l'avenir des incertitudes et des différends pénibles.

(1) Voir à ce sujet : La propriété industrielle: Inventeur. *R. G. E.*, 20 mai 1922, t. XI, p. 753 B.

Digitized by Google

7° Déchéances. — On a beaucoup critiqué certaines causes actuelles de déchéance des brevets, que d'autres législations ont aboli. Déférent à ces critiques, inlassablement présentées dans les successifs congrès de la propriété industrielle, le projet substituerait à la déchéance, faute d'exploitation dans le délai de la loi, un système de licences obligatoires ; dans un esprit analogue, le projet, reprenant partiellement les dispositions de la loi de guerre de 1916, abolie depuis, organiserait une procédure d'expropriation des découvertes intéressant l'intérêt public et la défense nationale.

Enfin, d'autres réformes intéressantes seraient proposées par le projet : introduction dans la loi nouvelle de l'excuse de bonne foi, modification de certains délais de procédure (saisie), organisation d'un régime d'expertise moins coûteux, plus rapide et plus sûr, obligation d'indiquer le numéro du brevet sur les objets brevetés, etc...

Telles seraient, pour les plus essentielles du moins, les modifications envisagées.

Fruit d'une longue étude, résultat d'examens multiples soumis à toutes les catégories d'intéressés, de techniciens, de juristes qualifiés, le projet, dont le vote est impatiemment attendu, doterait notre pays d'une législation conforme à ses besoins économiques.

D'autres réformes sont en vue ; en attendant qu'elles mûrissent (projet Joseph-Barthélemy), celle proposée par le gouvernement demeure capitale, et notre industrie nationale s'en trouverait certainement immédiatement renforcée dans sa puissance d'expansion. C'est assez dire combien la réforme apparaît nécessaire et urgente.

III. **Législation des marques de fabrique, dispositions actuelles et projet de réforme du gouvernement.** — Les marques de fabrique et de commerce jouent dans les rapports commerciaux, aussi bien à l'intérieur que sur les marchés extérieurs, un rôle de plus en plus important et, chaque année, d'une manière presque constante, le nombre de ces dénominations, sans lesquelles il serait vain aujourd'hui de présenter utilement des marchandises, s'accroît.

Or la loi, qui les réglemente en France, comme celle concernant les brevets, est déjà fort ancienne, puisqu'elle date de 1857, et en dehors d'une innovation du législateur, sans portée pratique, de 1873, aucune modification depuis n'est survenue, malgré les réclamations des commerçants, et les innovations parallèles des pays soucieux d'adapter leur législation commerciale à leurs véritables besoins ; c'est dire que dans ce domaine, d'importance considérable pour le développement de notre commerce et la défense de nos produits nationaux, une réforme s'impose au moins aussi urgente que celle envisagée pour les inventions.

D'une façon générale la France, fidèle aux principes libéraux de l'économie politique, et logique dans l'organisation de son droit commercial, considère que la marque appartient au créateur, au premier usager, indépendamment de l'accomplissement des formalités d'enregistrement, au rebours de certaines législations étrangères, qui ne sanctionnent la protection des dénominations adoptées par les commerçants, que si celles-ci ont été préalablement déposées, et en fonction de l'accomplissement de cette formalité.

En d'autres termes, le dépôt en France est seulement « déclaratif » de droits et non « attributif ».

D'autre part, aucune exploitation n'est exigée pour la conservation de la propriété de la marque ; il est seulement prescrit qu'une marque ne peut être protégée par les dispositions de la loi spéciale contre les contrefacteurs, que si le dépôt en est effectué avant la procédure de poursuite, de sorte qu'un commerçant ayant employé une marque sans la déposer, alors qu'un imitateur l'a postérieurement déposée, ne peut le faire condamner par les tribunaux, que s'il dépose avant d'assigner en contrefaçon, peu importe que ce dépôt soit postérieur à celui de son contrefacteur, du moment qu'il peut établir sa priorité d'emploi.

Ces dispositions, très rationnelles puisque le fondement du droit privatif est manifestement dans la création et non dans l'observation de formalités administratives, ont cependant des inconvénients.

En effet, cela favorise, au détriment de commerçants de bonne foi, qui souvent ne peuvent connaître l'emploi antérieur (par exemple dans un coin de province, et dans une discrète mesure) par un autre commerçant, qui brusquement, après avoir laissé donner à la marque une notoriété importante, par les soins du second usage, la revendique, ce qui constitue un véritable chantage et ne peut que préjudicier aux pratiques loyales des échanges et de la moralité commerciale.

Aussi, à l'instigation des groupements commerciaux, ouvrit-on dès 1901 une enquête en France sur le point de savoir s'il ne conviendrait pas, pour remédier à ces abus, plus fréquents qu'on ne le croit, d'organiser à la place du dépôt déclaratif pur et simple, un système de dépôt déclaratif au début, devenant, après une courte période, attributif de propriété, si le premier usager, dûment averti, persistait à ne pas déposer sa marque.

Ce régime adopté par certaines législations récentes, notamment par celle de la Grande-Bretagne, a donné de bons résultats.

L'enquête ouverte s'est montrée favorable à la modification envisagée et les gouvernements avaient à diverses reprises préparé un projet conforme, que les préoccupations immédiates d'avant-guerre et la période des hostilités ont, semble-t-il, seules empêché d'aboutir.

D'autres questions ont été envisagées, notamment celles de la nature et du caractère des marques, de leur propriété, transmission, modalités d'exploitation, et aussi la question des marques collectives, mise à l'ordre du jour des préoccupations internationales par la Conférence de Washington, dont la consécration législative presse singulièrement, alors qu'en fait elles se sont développées un peu partout, et tout particulièrement en France, qu'elles revêtent une importance capitale pour le commerce d'exportation, et qu'au-

Digitized by Google

cun statut légal ne les concerne jusqu'à ce jour.

Le projet élaboré par le gouvernement ne modifierait pas sensiblement les principes, édifiés par la loi de 1857, qu'a précisés et étendus judicieusement une compacte et excellente jurisprudence ; mais il instituerait le dépôt attributif conditionnel, organiserait certaines procédures de contrôle dans l'intérêt général, et réglementerait, en conformité des engagements pris à Washington, le statut des marques de collectivités.

Aux termes de ce projet, la marque de fabrique ou de commerce resterait facultative, le gouvernement conservant le droit d'imposer pour certains produits (orfèvrerie) des signes obligatoires.

1° Nature des marques. — Par contre, et seulement pour introduire dans la loi les décisions de la jurisprudence, le projet élargirait la définition de la marque, les conditions d'emploi, consacrant la disposition des accords internationaux (art. 6 de la Convention de Paris) aux termes de laquelle toute marque régulièrement déposée dans le pays d'origine serait admise au dépôt et protégée telle quelle dans tous les pays signataires ; la portée de texte aurait un intérêt pratique très important en assurant à l'étranger, sans difficultés, la protection de nos marques nationales, qui, conformes aux prescriptions légales à l'intérieur, devraient être protégées à l'étranger sans soulever les trop nombreuses contestations actuelles.

Une autre disposition serait introduite ayant pour effet d'empêcher les étrangers d'employer les marques de nos nationaux, en ajoutant le correctif de leur nom et de leur lieu de fabrication, correctif insuffisant, permettant de véritables contrefaçons.

2° Dépot attributif mitigé. — Pour obvier aux inconvénients reconnus du système actuel simplement déclaratif du dépôt, le projet proposerait un régime transactionnel fort intéressant.

Il consisterait en ceci : originairement le dépôt de la marque demeure simplement déclaratif ; elle s'acquiert, aux termes de la loi de 1857, par la priorité d'emploi ; puis, si ce dépôt pendant cinq ans n'est pas contesté, il devient attributif de la propriété de la marque ainsi déposée.

Dira-t-on que les droits du premier usager vont être sacrifiés ?

Pendant les cinq ans, suivant le dépôt par le second usager, il sait qu'il peut contester la validité de ce dépôt et le faire radier ; il ne le fait pas ; il sait (nul n'est censé ignorer la loi) qu'il risque de se voir opposer victorieusement le dépôt légal, il néglige de prendre les précautions imparties par la loi, il n'a qu'à s'en prendre à son action ! Rien ne lui est plus facile, en effet, que de consulter le registre de l'Office de la Propriété industrielle, de vérifier la publication faite au Bulletin officiel des marques, etc...

Ainsi le déposant régulier acquerra la propriété de la marque estimée délaissée par le premier usager négligent ; mais il faudra évidemment que ce déposant soit de bonne foi, ce qu'il sera facile d'établir ; d'autre part, un second déposant ne pourra prescrire la propriété, même au bout des cinq ans envisagés, le premier dépôt seul comportant acquisition de l'exclusivité de la propriété de la marque.

Telle est la réforme essentielle du projet, qui est destinée à donner à notre régime des marques une judicieuse élasticité et à prévenir les abus actuels, tout en conservant dans son principe la condition de la protection : la marque s'acquiert par le premier usage indépendamment de l'accomplissement de toute formalité administrative préalable.

3° Taxes et durée. — Une loi du 26 juin 1920 a élevé les taxes antérieures à 25 fr par dépôt, plus 10 fr par classe de produits avec inscription sur le nouveau registre de l'Office ; ces taxes demeurent trop modérées peut-être. L'inscription des dépôts et des mutations de propriété et de cession de droits d'exploitation permettra à tous les commerçants de savoir à qui appartient réellement la marque, qui peut l'employer, en quelle qualité, toutes dispositions d'intérêt pratique très important. Sur ce point le registre spécial complète les inscriptions prescrites sur le Registre du Commerce.

Quant à la durée de validité du dépôt, elle serait portée de quinze à vingt années ; bien que le renouvellement soit, paraît-il, imposé sans délai, le commerçant ne serait pas automatiquement déchu de son droit : il serait dans la même position que précédemment au regard des déposants préalables, et s'il ne déposait pas à nouveau dans les cinq ans

D'autres dispositions, bien que d'une portée pratique certaine, ne semblent pas devoir, sous peine d'allonger démesurément cette succincte étude, nous retenir ici.

4° Marques collectives. — Par contre, le projet gouvernemental, reprenant à peu de chose près le projet déposé avant la guerre par M. Hauet, organiserait, en conformité des prescriptions de la Conférence de Washington, le régime des marques collectives.

Celles-ci, qui ont pour but de garantir l'origine française et au besoin la qualité des marchandises qu'elles recouvrent, se sont développées considérablement dans presque tous les pays et notamment en France, nonobstant l'absence de texte légal.

A vrai dire, elles sont devenues légales depuis le vote de la loi du 12 mars 1920 sur les syndicats, mais elles ne sont pas réglementées, comme l'envisageait le projet international-type, et comme il est nécessaire qu'elles le soient, pour revêtir le caractère sérieux sans lequel, loin de garantir l'origine des produits, elles pourraient abriter les pires fraudes.

En France, depuis 1915, un syndicat des marques collectives s'est créé sous l'impulsion active de M. Legouëz, qui a donné tant en France qu'à l'étranger une puissante et juste notoriété à la marque « U. N. I. S. France ». Le projet ne ferait que consacrer, en en généralisant l'emploi, les statuts de cette vivante asso-

Digitized by Google

ciation, qui rend au commerce français d'exportation de grands services.

Les dispositions très complètes envisagées par le projet du gouvernement, qui, avons-nous dit, reproduit la plupart des dispositions du projet antérieur de M. Hauet, approuvé par les organes qualifiés de l'industrie et du commerce, demanderaient de longues explications, dépassant le cadre de cette étude d'ensemble volontairement limitée.

Nos lecteurs nous permettront de les renvoyer au projet Hauet déposé le 28 janvier 1915 sur le Bureau de la Chambre, et à celui déposé le 10 février 1915 par M. Lémery, ainsi qu'au rapport de M. Ribeyre.

D'une façon générale, ces projets énumèrent les collectivités pouvant employer les marques collectives, les conditions d'emploi, de cession, de cessation d'emploi, les communications de statuts à elles prescrites, ces statuts devant préciser les modalités imposées aux membres pour pouvoir user de la marque collective, etc., bref les marques collectives, pour éviter des abus, seraient soumises à des conditions d'emploi susceptibles de donner toute garantie à l'origine affirmée et au besoin à la qualité des produits revêtus de la marque.

Une telle marque est la propriété de la collectivité et non de l'un quelconque de ses membres; elle disparaît avec elle, elle ne peut être employée que sous son contrôle. Ainsi elle jouerait le rôle qui lui est est dévolu : garantir le lieu de fabrication, les conditions de production, la qualité des adhérents, en un mot toutes circonstances susceptibles de lui assurer la réputation à laquelle elle a droit.

Par ce rapide examen de la législation actuelle sur les marques et de l'étendue des réformes prochaines, il apparaît que, non moins que pour les brevets, le vote du projet du gouvernement est nécessaire au développement de notre activité commerciale.

IV. **Législation réprimant les fraudes sur l'origine et la provenance.** — La France s'est toujours particulièrement préoccupée d'assurer, tant à l'intérieur que sur les marchés extérieurs, la défense de ses excellents produits, célébrés de tout temps, immortellement par Rabelais, consacrés par une bibliographie nombreuse et de haute tenue littéraire au surplus, appréciés par les touristes de tous les pays, produits dont la renommée légendaire et méritée a constitué toujours et constitue plus que jamais une part importante de sa richesse économique.

Avant la guerre, elle ajoutait presque chaque année à son arsenal de lois protectrices une loi ou réglementation nouvelle; pendant la guerre, la même préoccupation, malgré d'autres plus angoissantes, l'a incessamment hantée; le traité de Versailles porte les traces visibles de ces préoccupations et les sanctionne heureusement; depuis la guerre, elle poursuit son but avec persévérance, des lois ont été promulguées et d'autres sont sur le point de l'être.

Ce simple aperçu souligne, plus que tout autre commentaire, l'importance pour notre développement économique de la question envisagée.

Pour ne citer que les textes les plus saillants en vigueur avant 1914 en droit interne, nous voyons apparaître chronologiquement les lois de germinal, an XI, 28 juillet 1824, 23 juin 1857 (art. 19), 1er août 1905, 5 août 1908, 10 février 1911, 18 juin 1913; en droit douanier l'article 15 du tarif de 1892, et les innombrables décrets sur les vins, spiritueux et aliments; en droit international les grandes conventions de Paris de 1883 et de Madrid de 1891, ainsi que les dispositions spéciales des traités de commerce, sans compter les dispositions inscrites dans les divers codes, décrets, etc.

Tous ces textes ont pour but d'assurer la répression de la fraude sur l'origine, la provenance, la qualité des marchandises ou produits naturels ou fabriqués.

L'expérience les ayant démontrés insuffisants, tant à l'intérieur que sur nos frontières et au delà, une loi du 6 mai 1919 a été votée; des décrets ont été promulgués en 1919, 1920, 1921; d'autres sont en préparation, les articles 274 et 275 du traité de Versailles ont été imposés à l'Allemagne, une réforme de l'article 15 du tarif des douanes de 1892 est sur le chantier depuis le cours de la guerre et fait l'objet d'une proposition de loi minutieusement établie.

La loi du 6 mai 1919 est l'œuvre maîtresse de l'après-guerre, complétant les dispositions si importantes pour notre commerce d'exportation des articles 274 et 275 du traité de Versailles, ou plutôt des traités de paix, qui les reproduisent intégralement.

Ce monument, dont l'étude réclamerait une analyse détaillée, complété par des circulaires et des décrets, a été l'objet de commentaires de nombreux auteurs, parmi lesquels il faut bien citer M. Guérillon (Les appellations d'origine et la loi du 6 mai 1919) et Marcel Plaisant et nous-même (Traité des noms et appellations d'origine); nous renvoyons à ces études les lecteurs soucieux d'y trouver une documentation complète.

Il consacre les principes essentiels suivants : conditions du droit à l'appellation d'origine, détermination des conditions d'action des parties revendiquantes et des parties lésées, effet des décisions judiciaires d'application, pouvoirs spéciaux et nouveaux de la Cour suprême, prescription acquisitive sur les appellations d'origine (eaux-de-vie, champagnes), extension des droits d'action ou d'intervention des groupements qualifiés (syndicats et associations), établissement du contrôle quantitatif, réciprocité éventuelle de certaines dispositions au point de vue international, etc.

En un mot, la loi de 1919 organise la protection de l'appellation de toutes les spécialités, qui font la gloire commerciale et industrielle de la France; elle réprime toutes les fraudes commises en cette importante matière en donnant les moyens à l'action publique, aux syndicats de producteurs, aux particuliers lésés, de combattre les fraudes de toute nature; elle assure la sincérité de la provenance, la sincérité de la dénomination, et, par suite, tend à garantir la qualité et à réprimer la

Digitized by Google

tromperie, assurant ainsi la réputation de notre production.

Ce texte, avons-nous dit, est complété par une série de décrets et de circulaires sur les vins, les spiritueux, les conserves (16 juin 1919, 10 novembre 1919, 14 novembre 1919, 25 août 1920, 7 octobre 1921, 12 janvier 1922).

D'autre part, le tarif de 1892 (art. 15) prohibe à l'entrée en France, exclut de l'entrepôt, du transit et de la circulation, tous produits naturels ou fabriqués portant soit sur eux-mêmes, soit sur leurs récipients ou emballages, une marque de fabrique, un nom, un signe ou une indication quelconque de nature à faire croire qu'ils ont été fabriqués en France ou qu'ils sont d'origine française.

La disposition s'applique aux produits étrangers, obtenus dans une localité du même nom qu'une localité française lorsque ces produits ne portent pas le correctif « importé » en caractères apparents.

Ces dispositions, malgré une jurisprudence extensive de la Cour de Cassation, sont apparues insuffisantes pour réprimer les multiples formes de la fraude internationale.

Des projets ont été élaborés sous l'égide des groupements les plus qualifiés avec l'encouragement du gouvernement avant la guerre. Au cours de celle-ci certaines menaces, certaines manœuvres ont fait apparaître la nécessité de perfectionner notre système défensif. Dès 1916, les conférences interalliées ont recherché les moyens de perfectionner internationalement la répression de la fraude ; elles n'ont malheureusement pas abouti, ou plutôt elles ont permis l'introduction dans les traités de dispositions analogues à celles consacrées par les articles 274 et 275 du traité avec l'Allemagne, à l'égard de laquelle nos produits sont désormais beaucoup mieux protégés et qui le seraient complètement si, là comme ailleurs, ce pays appliquait consciencieusement le traité.

Depuis, des projets se sont succédés (propositions de la Trémoille, Lémery, Morel, Marcel Plaisant) qu'une proposition, agréée par le gouvernement et rapportée par le sénateur Noël, a finalement mis au point, et dont la discussion et le vote, assuré d'une grosse majorité, seraient prochains, dit-on.

Cette proposition assurerait, semble-t-il, la répression aussi complète que possible des fraudes sur l'origine et la provenance ; elle serait complétée par une proposition due au sénateur Farjon, celle-ci jouant à l'intérieur parallèlement à la proposition Noël.

S'il apporte quelques atténuations aux autres projets, le projet Noël, très sagement, les renforce par ailleurs.

Nous avons vu, dans une étude antérieure, publiée dans cet organe (*Revue générale de l'Electricité*, 22 juillet 1922, t. XII, n° 3, p. 116 et 117) la portée du projet Noël, nous y renvoyons les lecteurs.

Ajoutons qu'au point de vue international le gouvernement prépare, pour la prochaine Conférence de revision de La Haye de 1924, un projet d'extension de l'Arrangement de Madrid, que des pays non encore adhérents à l'Arrangement actuel semblent enclins à accepter, d'après certains renseignements concordants.

V. Législation sur les dessins et modèles. — A l'égal de l'ingéniosité de ses inventeurs, de l'activité de ses commerçants, la France peut être fière du sens artistique de ses « créateurs de la forme », c'est-à-dire de tous ceux, qui ont consacré depuis des siècles la réputation de leurs dessins et modèles appliqués à l'industrie. Pour se défendre contre la contrefaçon, qui sévit surtout au delà de nos frontières de la part de concurrents sans scrupules mais non sans appétit, la France a élaboré des textes répressifs peu nombreux, mais aussi efficaces qu'il est humainement possible, et dans ce domaine, également très important pour sa prospérité économique, il semble qu'il n'y ait, momentanément, rien à faire, du moins au point de vue interne.

Il en est autrement au point de vue international!

Partout, en Amérique surtout, nos modèles sont impunément pillés, et il est à craindre que, malgré les efforts du gouvernement, les traités de commerce en cours de négociation ne puissent arracher à nos rivaux la protection, qu'ils n'ont pas d'intérêt à nous consentir.

La propagande faite à l'occasion des congrès internationaux, la démonstration de la légitimité de nos réclamations, comme de l'immoralité des pratiques tolérées dans un intérêt trop égoïste, est notre seule arme.

Notre vieille loi de 1793, aussi lapidaire qu'excellente, confirmée dans l'application par une remarquable jurisprudence, nous suffit à l'intérieur, elle se complète de la loi du 11 mars 1902, et de la loi moderne de 1909. Aucun projet n'est actuellement à l'étude, et la nécessité n'en apparaît pas.

Il est donc inutile de s'appesantir sur une matière au surplus déjà complètement traitée dans ces colonnes il y a quelques années.

Il nous suffira d'exprimer l'espoir qu'au point de vue international, à l'occasion tant de la négociation des traités de commerce que de la Conférence de revision de la Haye, nos délégués et nos agents diplomatiques s'efforcent d'obtenir l'amélioration des législations étrangères très inférieures à la nôtre sur ce point, et préparent ainsi, aidés par la propagande des œuvres françaises à l'étranger, l'avènement d'une législation internationale plus loyalement protectrice des créations de la forme, source de joie pour les yeux et de profits pour les fabricants, patrons et ouvriers innombrables en France, qui y consacrent leur activité.

VI. Législation sur la concurrence déloyale. — Nous avions également traité succinctement cette importante matière dans ces colonnes, il y a quelques mois; dans une étude postérieure, nous trouvons un programme aussi complet que possible de la législation en cours et de celle en projet.

Depuis la guerre, des efforts, appuyés heureusement par des initiatives étrangères, se sont manifestés nom-

Digitized by Google

breux et relativement efficaces, qui un peu partout tendent, dans le domaine international, à réprimer la hideuse plaie de la concurrence déloyale.

A la suite de la guerre, tous les pays ont pris conscience de leur nationalité, des industries se sont créées, des commerces se sont développés et, avec eux, au gré de leur progression économique, la concurrence déloyale s'est appesantie dans le monde entier, poussant tous les pays, dont l'industrie s'épanouissait avec les besoins des restaurations, conséquence de la guerre destructrice de produits, à ressentir les ravages des agissements illicites et à chercher à les combattre. L'après-guerre a révélé le danger aux plus indifférents.

La Chambre de Commerce internationale y a consacré une large part de son activité, et sa section de « concurrence déloyale » a pris rapidement une grande importance.

Rien ne pouvait être plus agréable à constater pour nos nationaux, jusque-là désarmés en dehors de leurs frontières, que ce mouvement général, dont le succès comblerait les vœux tant de fois proclamés auparavant.

Bien que les vœux admis par la Chambre de Commerce internationale demeurent insuffisamment précis, ils marquent une volonté mondiale de lutter avec acharnement contre toutes les pratiques contraires à l'honnêteté commerciale.

Le Congrès de 1921 de Londres s'est exprimé ainsi :

« Considérant qu'il importe d'unifier aussi complètement que possible les lois des divers pays pour combattre la concurrence déloyale et protéger la propriété intellectuelle, industrielle et commerciale, et de compléter les conventions internationales à ce sujet ;

» Considérant qu'il convient de poursuivre les travaux qui ont été faits conformément au vœu exprimé l'an dernier par la Chambre de Commerce internationale... émet le vœu, que :

» Le Conseil de la Chambre de Commerce internationale poursuive la constitution, par les soins des comités nationaux, de commissions spéciales, qui étudieront les moyens de combattre la concurrence déloyale et de protéger la propriété intellectuelle, industrielle et commerciale ; que le Conseil organise un comité permanent composé de délégués de ces commissions. »

Depuis, une section spéciale a été constituée, qui a tenu, après avoir confié à des commissions distinctes l'élaboration de textes spéciaux (les formes de la concurrence sont légion) et le soin d'étudier soigneusement toutes les espèces, de nombreuses séances, et, si nos renseignements sont exacts, l'état des travaux est avancé et encourageant.

Ils seraient même, sur certains points, si avancés, que des projets internationaux risqueraient d'être élaborés avant que la France notamment possédât une législation interne comparable ; tels sont, par exemple, les projets réprimant le détournement des secrets commerciaux, mal dévorant de notre époque de lutte acharnée. Il y a bien un projet de déposé depuis plusieurs années sur le bureau de la Chambre, mais il paraît sommeiller dans les cartons du Parlement.

Et cependant les critiques ne manquent pas envers l'insuffisance de l'article 418 du Code pénal, réprimant la révélation des secrets de fabrique, lesquels sont journellement impunément dérobés à la faveur des appétits des concurrents, parce que le texte actuel ne permet la poursuite que si le détournement a lieu pendant que l'employé est encore au service du patron victime du vol, et bien que la jurisprudence, consciente du danger de la non-répression de telles pratiques, cherche à élargir l'application du texte, en l'interprétant plus dans son esprit que dans sa lettre, notamment en considérant comme un délit l'exploitation des secrets immédiatement après l'entrée de l'employé complice chez le concurrent, la répression reste précaire et limitée étroitement.

Il y a bien la loi du 16 février 1919 punissant la corruption faite par un industriel ou commerçant à l'égard de tout employé, préposé, salarié ou rémunéré sous une forme quelconque, qui « aura soit directement, soit par personne interposée, à l'insu et sans le consentement de son patron, soit sollicité ou reçu des offres ou promesses, soit sollicité ou reçu des dons, présents, commissions, escomptes ou primes, pour faire acte de son emploi ou s'abstenir de faire un acte que son emploi lui commandait de faire... », mais l'application en est difficile, et, à notre connaissance, la jurisprudence n'en a pu faire que quelques rares applications.

Un projet concernant la répression des copies aux devantures des modèles exposés est également en sommeil ; on ne pourrait d'ailleurs punir que les modèles non tombés dans le domaine public.

Tous ces projets ou textes en vigueur, visant la répression de ce que l'on appelle l'espionnage commercial, gagneraient à être rassemblés, condensés, améliorés surtout pour être d'une application facile, et principalement à être l'objet de sanctions internationales.

Il y a encore beaucoup à faire contre la concurrence déloyale, dont l'ingéniosité s'accroît avec le perfectionnement des armes employées contre elle, et la progression de l'industrie.

C'est encore plus une œuvre internationale que d'ordre intérieur, et c'est pourquoi il faut beaucoup espérer des volontés de la Chambre de Commerce internationale, soutenue par les groupements de la majorité des pays atteints directement désormais par les agissements malhonnêtes.

VII. **Conventions internationales et traités de commerce.** — On sait qu'une Convention générale dite d'Union (convention de Paris de 1883, revisée périodiquement et en dernier lieu en 1911 à Washington) assure dans une certaine mesure au point de vue international la protection des droits de propriété intellectuelle. Cette Union, qui lie presque tous les pays du monde, a comme subsidiaires deux unions restreintes, connues sous le nom d'Arrangements de Madrid.

Ces conventions doivent être périodiquement revisées dans le sens d'une unification progressive de la législa-

Digitized by Google

tion concernant la protection de la propriété industrielle.

Une conférence de revision est prévue pour 1924 à La Haye, à laquelle les divers gouvernements se préparent.

Grâce au sens de l'opportunité que possèdent les grands groupements français et notamment du groupe français de l'Association internationale de la propriété industrielle, dont le président est l'éminent spécialiste Georges Maillard et le secrétaire général le non moins éminent André Taillefer, un travail préparatoire est en cours et déjà fort avancé; notre gouvernement, qui s'aidera des travaux ainsi minutieusement élaborés, pourra jouer à la Conférence un rôle capital et peut-être obtenir de sérieuses améliorations, en fonction des besoins de notre industrie et de notre commerce.

D'autre part, le gouvernement a déjà conclu certains traités de commerce, qui comprennent des dispositions améliorant sensiblement, dans les rapports avec les pays respectivement signataires, la situation des inventeurs, producteurs et commerçants nationaux sur le territoire desdits pays; d'autres traités de commerce sont en préparation, obéissant aux mêmes directives; certains, d'après les renseignements obtenus, sont en bonne voie.

VIII. **Conclusion.** — De l'examen qui précède il résulte, que notre pays, doté déjà d'un appréciable réseau de textes destinés à assurer tant à l'intérieur qu'à l'extérieur la défense des droits de propriété industrielle et commerciale, s'efforce avec courage et persévérance de l'améliorer.

Le gouvernement connait son devoir en la circonstance; il paraît désireux de l'accomplir et d'assurer de son mieux la protection sur son territoire et sur les marchés internationaux de la propriété la plus certaine et la plus respectable, sans l'observation des droits de laquelle il ne peut y avoir de prospérité et d'ordre dans le monde.

Mais le gouvernement ne peut rien sans l'appui efficace des organes du commerce et de l'industrie, directement intéressés au perfectionnement constant de la législation concernant la propriété industrielle.

La présente étude a pour principal objet d'attirer l'attention des nombreux lecteurs de cette Revue sur l'importance du problème envisagé par cette modeste étude, et les convier à aider le gouvernement dans sa tâche, par une propagande intense auprès des intéressés, et notamment en faisant pression sur les membres du Parlement qu'ils peuvent connaître, afin de les inciter à voter les projets envisagés le plus tôt possible.

Si notre pays pouvait, avant la clôture de la présente législature, réaliser les réformes que nous venons d'indiquer succinctement, il aurait puissamment contribué à favoriser sa renaissance économique.

FERNAND-JACQ,
Docteur en Droit, Avocat à la Cour d'Appel,
Secrétaire de l'Association française pour la Protection de la Propriété industrielle.

Législation, jurisprudence, réglementation

Sur le payement de la contribution sur les bénéfices de guerre.

Le « Journal officiel » du 21 octobre 1922 publie, page 2781 des « Débats parlementaires, Chambre des Députés », la question et la réponse qui suivent.

14643. — M. Georges Legros, député, demande à M. le ministre des Finances : 1° comment doit être interprété le texte du législateur concernant le payement de l'impôt sur les bénéfices de guerre et si, par exemple, le premier versement d'un industriel assujetti à cette contribution ne doit pas échoir le 1er octobre, le rôle ayant été publié en juillet et l'avertissement portant textuellement cette indication : « Le payement est exigible par quart, de deux mois en deux mois, à partir du premier jour du mois qui suit la publication du rôle »; 2° si le sursis de payement accordé en cas de recours devant la commission supérieure entraine le sursis d'inscription du privilège du Trésor sur les biens du contribuable et s'il en est de même d'une demande de sursis en cours d'instruction. (Question du 12 octobre 1922.)

Réponse. — 1° Aux termes de l'article 16 (2e alinéa) de la loi du 1er juillet 1916 « le payement des cotisations est exigible par quart de deux mois en deux mois à partir du premier jour du mois qui suit la publication du rôle pour l'impôt afférent à la période du 1er août 1914 au 31 décembre 1915 et de trois mois en trois mois pour les autres exercices ». Il ne semble pas que cette disposition législative soit susceptible de donner lieu à des difficultés d'interprétation. Il convient toutefois de faire observer que la cession et la cessation de l'entreprise dont les bénéfices ont été imposés ainsi que la faillite ou la mise en liquidation judiciaire du débiteur entraînent exigibilité immédiate de la totalité des impositions à la contribution extraordinaire sur les bénéfices de guerre (loi du 12 août 1919); 2° la suspension de l'exigibilité des impositions contestées prévue en cas de pourvoi formé devant la commission supérieure par l'article 15 de la loi du 31 décembre 1918 (modifié par l'article 16 de la loi du 25 juin 1920) ne dispense pas le Trésor de l'obligation qui lui est imposée par la loi du 10 août 1912 de prendre inscription de son privilège dans un délai de trois mois. Ce délai a pour point de départ la promulgation de la loi précitée en ce qui concerne les rôles mis en recouvrement et en ce qui touche les rôles émis ou à émettre postérieurement au 11 août 1922 le jour de la publication de ces rôles. La même solution doit être adoptée en cas de demande de sursis de réinvestissement. Les demandes de l'espèce ne sont d'ailleurs pas suspensives de payement (loi du 25 juin 1920, art. 19).

Digitized by Google

REVUE GÉNÉRALE DE L'ÉLECTRICITÉ

Organe de l'Union des Syndicats de l'Électricité

réunissant

LA REVUE ÉLECTRIQUE 1904-1916 — LA LUMIÈRE ÉLECTRIQUE 1879-1916

DIRECTEUR : J. BLONDIN, Agrégé de l'Université.

6e ANNÉE. — TOME XII. — N° 21. — 25 NOVEMBRE 1922.

Chronique. — Inauguration du Laboratoire d'Hydraulique de Beauvert. — Bibliographies : Le régime des huit heures, par Robert VEYSSIÉ ; Discours et mélanges, par Emile PICARD, p. 793-794.

Section scientifique et technique. — Sur la formule de Neumann donnant le coefficient d'induction mutuelle de deux circuits, par Ch. MALÉGARIE, p. 795. — Revues, analyses et informations : Notes sur la théorie des phasemètres, p. 796 ; Quelques perfectionnements récents des circuits à réaction, p. 799 ; La transmutation des éléments tungstène hélium et l'énergie atomique des corps, p. 800.

Section industrielle. — Contribution à l'étude des chaînes d'isolateurs pour les réseaux à haute tension, par G. VIEL, p. 801. — Les accumulateurs électriques d'après les brevets récents, accumulateurs autres que l'élément au plomb, par L. JUMAU, p. 804. — Revues, analyses et informations : Un transformateur à air pour très hautes tensions, p. 811 ; Normalisation de la tension du rotor et des rhéostats de démarrage des moteurs asynchrones, p. 814 ; Echauffement des moteurs de traction en service et en essais de plateforme, p. 816 ; Résistance et capacité des bobines en haute fréquence, p. 820.

Section économique et financière. — La Société des Nations, par Georges MARTY, p. 821. — Assemblées générales : Société anonyme des Forges et Aciéries du Nord et de l'Est, p. 829.

Section de législation. — Législation, jurisprudence, réglementation : Sur l'application de la contribution sur les bénéfices de guerre, p. 831.

Inauguration du Laboratoire d'Hydraulique de Beauvert. — Le Laboratoire d'hydraulique, édifié par la Société hydrotechnique de France, sur les terrains de la Société des Ateliers Neyret-Beylier et Piccard-Pictet, a été inauguré le jeudi 16 novembre sous la présidence de M. Mahieu, secrétaire général au Ministère des Travaux publics, assisté de M. Arbelot, directeur des Forces hydrauliques à ce Ministère. De nombreuses notabilités du monde industriel et scientifique assistaient à cette cérémonie, parmi lesquelles on remarquait le préfet de l'Isère ; MM. Crolard et Blanchet, députés ; Rateau et Kilian, membres de l'Institut électrotechnique ; Dumas, recteur de l'Académie ; Frazer, professeur de l'Université ; Barbillion, directeur de l'Institut polytechnique de Grenoble ; Camichel, directeur de l'Institut de Toulouse ; Vogt, professeur de l'Université de Nancy ; Routin, directeur du Laboratoire hydraulique ; Aimé Bouchayer, président de l'Association des Producteurs des Alpes françaises ; Gau, doyen de la Faculté de Grenoble ; de La Brosse, inspecteur général des Pont et Chaussées ; Bergeon, directeur de l'Ecole de Papeterie ; Wilhelm, ingénieur en chef et de Reneville, administrateur délégué des Mines de La Mure ; Baticle ; Boucher, administrateur de la Chambre syndicale des Forces hydrauliques ; Eydoux, professeur de l'Ecole des Ponts et Chaussées ; Frédet, conseiller du Commerce extérieur ; Boissonnas, Gillet, Joya, Ducrest, Auguste Bouchayer, Maurice Viallet, Gariel, Michoud, Gillet, Langlois, Jordan, Mazaré, Hahn, Berne, Delachaqal, André, Guignes, Menjou, Pouyanne, Réquichon, Bouvier, industriels.

M. Blanchet, président de la Société hydrotechnique, prit la parole pour remercier le Ministère des Travaux publics du concours apporté à la construction du laboratoire.

M. Mahieu répondit en assurant la Société hydrotechnique du concours toujours dévoué du Ministère des Travaux publics et en félicitant les industriels intéressés de leur intelligente initiative.

M. Routin, professeur à l'Institut polytechnique, dans un très clair exposé des installations de Beauvert, montra tout l'intérêt scientifique et industriel du laboratoire d'essais, créé par la Société hydrotechnique de France.

M. Routin, qui devient directeur du nouveau laboratoire, et son collaborateur, M. Bourgeat, ont ensuite fait les honneurs de l'établissement dont on trouvera une description détaillée dans un prochain bulletin de la Société hydrotechnique de France.

Le laboratoire de Beauvert comprend deux installations essentielles se rapportant chacune à un ensemble d'expériences d'un ordre particulier.

La première, constituée par le laboratoire d'essais proprement dit, est destinée aux essais sur les appareils hydrauliques, principalement les turbines et les pompes ; elle comprend un bâtiment en béton armé, de 35 m de longueur et 16 m de largeur, desservi par un pont roulant de 4t, et est pourvu d'une station de moto-

Digitized by Google

pompes prélevant l'eau dans un petit lac artificiel et permettant de réaliser trois chutes de hauteur et de débits différents.

La deuxième est une installation pour essais de conduites forcées, indépendante de la précédente. A cet effet, une pompe susceptible de débiter 400 litres par seconde élève l'eau dans une chambre d'eau sur laquelle seront branchées des conduites forcées fonctionnant sous trois mètres de chute environ et sectionnées en deux tronçons.

Cet ensemble d'installations comporte un certain nombre d'annexes dont le but est de garantir les industriels ou inventeurs contre les indiscrétions qu'ils pourraient craindre s'ils se voyaient obligés de faire exécuter au dehors des retouches à leurs appareils en cours d'essais.

Dans ce but, le laboratoire est pourvu : 1° d'un atelier de mécanique bien outillé, permettant la mise au point ou la modification des machines soumises à l'expérimentation ; 2° d'un bâtiment-magasin destiné à recevoir momentanément des organes fragiles ; 3° de bureaux pour le personnel du laboratoire.

M. Blanchet insista particulièrement sur les dispositions précédentes destinées à assurer le secret des résultats des recherches.

Quant à la Société hydrotechnique de France, tout en mettant ses installations à la disposition des industriels ou des chercheurs, elle se propose, elle-même, conformément au but d'intérêt général qui a présidé à sa constitution, de réaliser divers essais. Au nombre de ceux-ci, nous citerons ceux relatifs aux efforts de l'eau sur des surfaces immergées et ceux concernant les tuyaux d'aspiration. Ces derniers prennent une importance croissante, à mesure que se développe la construction des turbines à très grande vitesse sous basses chutes, tubines dans lesquelles la vitesse restante est si élevée que la question de sa récupération dans un diffuseur approprié est capitale pour leur rendement.

Après la visite de l'installation, un déjeuner réunit les invités de la Société hydrotechnique de France à l'Ecole hôtelière des Alpes françaises. Des discours ont été prononcés par MM. Blanchet, Crolard et Mahieu.

Bibliographie : Le régime des huit heures, par Robert Veyssié (1). — Les événements obligent, sans mettre en discussion la valeur idéale du principe des huit heures, à examiner la qualité des dispositions législatives destinées à en établir l'application et à savoir si, dans les conditions techniques actuelles cette application peut être pratiquée sans dommage. En effet, la grande majorité des chefs d'entreprises ne s'est jamais opposée à une limitation rationnelle du travail qu'elle considère, au contraire, comme un but à poursuivre. Mais les plus qualifiés ont démontré qu'une obligation, brusque et intempestive, d'appliquer une telle limitation par des règlements étroits et incohérents, apportait une perturbation grave dans les industries, entravait la production et alourdissait les prix de revient.

(1) Un volume, format 16 cm × 13 cm, 179 pages, édité par Les éditions du Monde nouveau, 42, boulevard Raspail, Paris. Prix : broché, 5 fr.

D'autre part, si l'on regarde comment les autres nations ont accueilli cette loi, on fait une constatation au moins un peu surprenante : alors que nous appliquons à la lettre les conventions du Traité de Versailles relatives à la limitation de la durée du travail, non seulement les Allemands ne l'appliquent pas, mais l'Amérique a continué à travailler douze heures par jour.

Aussi, dans la vie économique désorganisée, la question se pose à nouveau. Afin de la placer sur le terrain de l'expérience, l'auteur a pensé qu'il était opportun et utile de mener impartialement une enquête, aussi large et aussi complète que possible. Il a donc interrogé des syndicats et groupements patronaux, des syndicats et groupements ouvriers et quelques-unes des personnalités qui ont semblé les plus qualifiées.

Ce livre est en majeure partie composé des réponses reçues par l'auteur et provenant de la grande industrie, du commerce, des transports, de l'agriculture, des syndicats ouvriers et de quelques personnes isolées, aux questions qui leur avaient été posées. Le lecteur trouvera, en conséquence, les opinions de sources les plus diverses : 1° sur le principe des huit heures ; 2° sur le rôle de l'application de cette loi, au lendemain de la guerre, relativement à la diminution de la production, à l'augmentation des frais de main-d'œuvre et au prix de vente ; 3° sur l'existence d'une perte de production ayant suivi cette application, et sur la possibilité de la compenser soit par un perfectionnement des machines et des méthodes de travail, soit par une augmentation du rendement horaire de l'ouvrier : 4° sur l'apaisement social espéré et sur l'amélioration des conditions morales et physiques des travailleurs dont l'effort est ainsi diminué ; 5° sur la possibilité de maintenir intégralement la loi ou sur la nécessité d'en modifier soit l'esprit, soit la forme, ou, enfin sur l'impossibilité de conserver ce régime amenant la suspension pure et simple de la loi. — B. E.

Bibliographie : Discours et mélanges, par Emile Picard, secrétaire perpétuel de l'Académie des Sciences (1). — Ainsi que le titre le fait pressentir, cet ouvrage est formé par la réunion de sujets assez divers ; il contient, en effet, des notes scientiques et philosophiques, des conférences, des bibliographies.

Un certain nombre de sujets qui y sont traités s'éloignent un peu de ceux qui sont étudiés dans notre revue, ce sont, par exemple « L'aviation française en 1919 », « Le voyage du Pourquoi-pas ? ». Les autres, qui sont d'ailleurs plus nombreux, ont un intérêt plus direct pour nos lecteurs. Nous citerons entre autres : « Quelques réflexions sur la science et l'industrie après la guerre », « Les sciences mathématiques en France depuis un demi-siècle ». « La mécanique classique et ses approximations successives », « La science et la recherche scientifique ».

Signalons, d'autre part, des bibliographies qui doivent être connues : celle du mathématicien Gaston Darboux et surtout celle du savant remarquable Lord Kelvin, ainsi que « La vie et l'œuvre de Pierre Duhem » et « L'œuvre de Henri Poincaré ».

Les *Discours et mélanges* forment un ouvrage à la fois scientifique et littéraire. Ecrits dans un style fort agréable, ils donneront au lecteur un aperçu très exact de l'œuvre de nos grands savants en même temps que du rôle que joue la science dans la vie sociale actuelle. — B. E.

(1) Un volume, format 23 cm × 14 cm, 290 pages, édité par la librairie Gauthier-Villars et Cie, 55, quai des Grands-Augustins Paris (VIe). Prix : 10 fr.

Digitized by Google

SECTION SCIENTIFIQUE & TECHNIQUE

Sur la formule de Neumann donnant le coefficient d'induction mutuelle de deux circuits

L'auteur expose au moyen de la considération du potentiel-vecteur un mode d'établissement très simple, rapide et nouveau, croyons-nous, de la formule classique de Neumann qui permet d'exprimer le coefficient d'induction mutuelle de deux circuits en fonction des éléments géométriques de forme et de position de ces circuits.

Considérons tout d'abord un champ de vecteurs défini comme suit :

Soit un vecteur fondamental donné OT ; le vecteur caractérisant, en un point quelconque autre que O, le champ que je veux définir aura pour expression absolue $\frac{\overline{OT}}{\overline{OM}}$; sa direction et son sens seront ceux du vecteur OT.

Cherchons l'expression du vecteur du tourbillon au point M ; P, Q, R étant les projections du vecteur intensité sur les trois axes, le vecteur tourbillon a pour projections

$$\frac{\partial R}{\partial y} - \frac{\partial Q}{\partial z}, \quad \frac{\partial P}{\partial z} - \frac{\partial R}{\partial x}, \quad \frac{\partial Q}{\partial x} - \frac{\partial P}{\partial y}.$$

Désignant par α, β γ les coordonnées du point T, on a, en posant $r = \mathrm{OM}$,

$$P = \frac{\alpha}{r}, \quad Q = \frac{\beta}{r}, \quad R = \frac{\gamma}{r},$$

Le vecteur tourbillon a pour projections,

sur Ox : $$\frac{\partial R}{\partial y} - \frac{\partial Q}{\partial z} = -\gamma \frac{1}{r^2}\frac{y}{r} + \beta \frac{1}{r^2}\frac{z}{r} = \frac{1}{r^3}(z\beta - y\gamma),$$

sur Oy : $$\frac{1}{r^3}(x\gamma - z\alpha),$$

sur Oz : $$\frac{1}{r^3}(y\alpha - x\beta).$$

Or le vecteur

$$(z\beta - y\gamma), \quad (x\gamma - z\alpha), \quad (y\alpha - x\beta).$$

a une expression géométrique connue : c'est deux fois l'aire orientée du triangle $\overline{OT}$ M représentée par un vecteur d'origine M perpendiculaire au plan OTM et d'un sens tel qu'un observateur ayant les pieds en O et la tête en T voit l'extrémité de ce vecteur à gauche de son origine. Sa grandeur est donc

$$\mathrm{OM}.\mathrm{OT}\sin\theta = r.\mathrm{OT}.\sin\theta,$$

θ étant l'angle des deux directions $\overline{OT}$ et $\overline{OM}$.

Le vecteur tourbillon a même ligne d'action et même sens ; il a pour valeur

$$\frac{1}{r^2}\,\mathrm{OT}\sin\theta.$$

C'est là précisément, en grandeur, direction et sens, la force électromagnétique donnant, au point considéré M, l'intensité du champ dû à un courant d'intensité égale à l'unité, parcourant un conducteur OT dans le sens $\overline{OT}$.

Soit à présent un élément infinitésimal $\overline{ids}$ parcouru par un champ de vecteurs $\frac{ids}{r}$ analogue au champ dont il vient d'être question. Un courant parcourant un circuit de dimensions finies l' permettra, de même, de définir un champ qui sera la résultante des champs correspondant aux éléments $\overline{ids}$ qui composent le courant. Le vecteur tourbillon en un point sera évidemment, pour ce champ résultant, la force électromagnétique exercée en ce point par le circuit tout entier.

Envisageons dès lors un contour géométrique orienté C (fig. 1).

Le travail le long de ce contour du vecteur caractérisant le champ dû à i a pour expression

$$\int_{(r)}\int_{C}\frac{i\overline{ds}}{r}.\overline{ds'}\cos\varepsilon,$$

où ds' désigne l'élément d'arc du contour C orienté suivant un sens donné et ε, l'angle des deux éléments $\overline{ds}$ et $\overline{ds'}$.

Mais ce travail est lui-même égal, d'après le théorème de Stokes, au flux du vecteur tourbillon, c'est-à-dire ici de la force électromagnétique à travers une surface renfermant le contour C.

C'est ce qu'exprime la formule connue

$$\int\int_{S}\left(\frac{\partial R}{\partial y} - \frac{\partial Q}{\partial z}\right)\cos u + (\quad)\cos v + (\quad)\cos w = \int_{p} P\,dx + Q\,dy + R\,dz,$$

Digitized by Google

où l'on adopte les conventions d'orientations classiques données, par exemple, par la règle du tire-bouchon si le trièdre de référence a le sens positif (sens de la figure ci-contre).

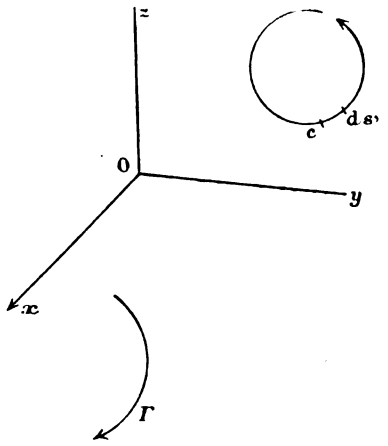


Fig. 1.

On a donc en appelant Φ ce flux

$$\Phi = \int_{(\Gamma)}\int_{(C)} \frac{i}{r}\,\overline{ds}\;\overline{ds'}\cos\varepsilon.$$

Si le contour C épouse la forme d'un circuit parcouru par un courant constant i', les forces électromagnétiques agissant sur ce circuit dérivent d'une fonction de forces $i'\Phi$.

On a donc

$$i'\Phi = i'\int_{(\Gamma)}\int_{(C)} \frac{i}{r}\,\overline{ds}\;\overline{ds'}\cos\varepsilon.$$

Si i est constant, $i'\Phi$ prend la forme

$$(1)\qquad i'\Phi = ii'\int_{(\Gamma)}\int_{(C)} \frac{ds\,ds'\cos\varepsilon}{r} = Mii';$$

M, coefficient d'induction mutuelle, ayant pour expression

$$M = \int_{(\Gamma)}\int_{(C)} \frac{ds\,ds'\cos\varepsilon}{r}.$$

C'est la formule de Neumann.

Ch. Malégarie,
Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées.

Revues, analyses et informations

Notes sur la théorie des phasemètres (1).

La théorie des phasemètres est habituellement donnée sous forme analytique ; la méthode employée ici est plus physique et plus simple. Par la considération des champs tournants circulaires et elliptiques, elle permet de donner l'ordre de grandeur des erreurs commises pour les appareils monophasés et, pour ceux utilisés sur les courants triphasés, de déterminer les avantages de certains types dans le cas fréquent d'un déséquilibre des phases.

Phasemètre monophasé. — Un équipage mobile et une bobine fixe composent cet appareil. L'équipage comprend deux bobines identiques placés à angle droit et pouvant pivoter librement. Ces bobines sont parcourues par des courants égaux, proportionnels à la tension de la source, l'un de ces courants étant en phase avec cette tension et l'autre déphasé de 90° par un moyen quelconque. La bobine fixe est parcourue par le courant dont on veut déterminer le déphasage.

Les courants déphasés traversant les bobines de tension donnent naissance à un champ tournant uniforme. Si l'on compte le temps à partir de l'instant où la direction du champ tournant coïncide avec l'axe de la bobine non inductive du circuit tension et si θ est l'angle formé par l'axe de cette bobine avec celui de la bobine fixe d'intensité, compté dans le sens contraire à celui du champ tournant, l'expression $(\omega t-\theta)$ représente, à chaque instant, l'angle du vecteur champ tournant avec l'axe de la bobine d'intensité.

Le couple exercé sur le système mobile est alors proportionnel à

$$vi\cos(\omega t-\varphi)\sin(\omega t-\theta)$$

ou

$$vi\left\{\sin(2\omega t-\varphi-\theta)-\sin(\theta-\varphi)\right\}.$$

L'équipage mobile prendra la position qui rendra nul le couple moyen. Or, la valeur moyenne du premier terme de l'expression précédente étant nulle, la condition est donnée par

$$\sin(\theta-\varphi)=0,\quad \text{ou}\quad \theta=\varphi.$$

Donc, dans la position d'équilibre, l'angle formé par les axes de la bobine fixe et de la bobine non inductive de tension est égal au déphasage du courant de la bobine fixe sur la tension.

Ce résultat peut encore être déduit du théorème permettant de décomposer un champ alternatif quelconque en deux champs tournant en sens inverse avec la même vitesse angulaire, les composantes coïncidant quand le champ résultant passe par sa valeur maximum.

En décomposant de cette manière le champ alternatif produit par chaque bobine de tension, il est facile de se rendre compte que deux des composantes tournant dans le même sens s'ajoutent et que les deux autres s'annulent à chaque

(1) G.-W. Stubbings. *Electrician*, 19 mai 1922, t. LXXXVIII, p. 586-588, 3500 mots, 2 fig.

Digitized by Google

instant. Le champ résultant total possède donc une amplitude et une vitesse angulaire constantes.

Le champ de la bobine fixe donne, de même, naissance à deux composantes dont l'une, tournant dans le même sens que le champ produit par les bobines de tension, est seule à considérer. Cette composante sera déphasée de l'angle φ sur l'axe de la bobine fixe lorsque le premier champ tournant passera par son maximum, c'est-à-dire lorsque le vecteur qui le représente coïncidera avec l'axe de la bobine non inductive de tension, φ étant mesuré dans la direction opposée au sens de rotation du champ résultant pour un courant en retard et vice-versa. Si θ a la même signification que précédemment, l'angle fait par les directions des deux composantes utiles est $(\varphi - \theta)$. Puisqu'elles tournent uniformément avec la même vitesse angulaire, cet angle reste constant. Le couple exercé sur l'équipage mobile étant, par suite, proportionnel à $\sin(\varphi - \theta)$, il est évident que la position d'équilibre sera telle que $\varphi = \theta$, ce qui aura lieu quand les composantes semblables des deux champs d'intensité et de tension coïncideront.

Champ elliptique créé par deux bobines à 90°. — La démonstration précédente suppose que les courants traversant les deux bobines de tension de l'équipage mobile sont égaux. Dans le cas contraire, le champ tournant, au lieu d'être circulaire, est elliptique. Les propriétés d'un tel champ peuvent être déduites sommairement du cas simple de deux bobines placées à 90° et parcourues par des courants inégaux, déphasés de $\frac{\pi}{2}$.

Si x et y sont les valeurs instantanées des deux champs alternatifs, le lieu de l'extrémité du vecteur champ résultant est donné par

$$x = a \cos \omega t; \quad y = b \sin \omega t.$$

D'où

$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1.$$

L'angle β décrit par le vecteur résultant est donné par

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{b}{a} \operatorname{tg} \omega t.$$

L'amplitude du champ résultant est

$$H = \sqrt{x^2 + y^2}$$

et sa vitesse angulaire,

$$\frac{d\beta}{dt} = \cos^2 \beta \, \frac{b\omega}{a} \, \frac{1}{\cos^2 \omega t}.$$

Ou encore, en remplaçant $\cos^2 \beta$,

$$\frac{d\beta}{dt} = \omega \frac{ab}{H^2}.$$

L'accroissement de l'aire balayée par le champ est

$$\frac{1}{2} H^2 \frac{d\beta}{dt} = \omega \frac{ab}{2}.$$

Le mouvement a donc lieu suivant la loi des aires.

Couple exercé sur l'équipage mobile. — Le couple agissant sur l'équipage mobile d'un phasemètre et produisant ce champ elliptique sera de la forme

$$i H \sin(\omega t - \varphi) \sin(\beta - \theta).$$

Le calcul de la valeur moyenne de ce couple se simplifie en décomposant les champs alternatifs en champs tournants.

Si $2a$ et $2b$ représentent, respectivement, les valeurs maxima des champs créés par les deux bobines de tension, les composantes qui s'ajoutent auront pour amplitude résultante $(a + b)$ et celles qui se retranchent $(a - b)$. En suivant un raisonnement analogue à celui qui a donné le couple produit par le champ circulaire, il est facile de se rendre compte que les composantes utiles des deux champs d'intensité et de tension produiront sur l'équipage mobile un couple proportionnel à

$$(a + b) \sin(\varphi - \theta),$$

et les composantes inverses, un couple antagoniste, proportionnel à

$$(a - b) \sin(\varphi + \theta).$$

Le couple résultant est

$$(a + b) \sin(\varphi - \theta) - (a - b) \sin(\varphi + \theta).$$

Il s'annule pour

$$\operatorname{tg} \theta = \frac{b}{a} \operatorname{tg} \varphi.$$

Influence de la fréquence et de la réactance. — Cette expression permet le calcul de l'erreur due à la fréquence dans un phasemètre monophasé quand on utilise un condensateur. Le déphasage est alors très voisin de 90° et l'effet de la fréquence se réduit à altérer le courant du circuit réactif.

Quand, au contraire, ce dernier circuit est inductif, il n'est guère possible d'obtenir un déphasage plus grand que 80°. En supposant, dans ce cas, une amplitude égale a des deux champs de tension et un déphasage effectif de $(90° - \alpha)$, les deux composantes utiles de ces champs qui coïncidaient auparavant seront déphasées de α ; leur résultante $a \cos \frac{\alpha}{2}$ sera déphasée de l'angle $\frac{\alpha}{2}$ en avant de l'axe de la bobine non inductive quand le champ de cette dernière sera maximum. De même, les deux autres composantes, décalées de $180° + \alpha$, auront une résultante $a \sin \frac{\alpha}{2}$ déphasée au même instant de $\left(90° + \frac{\alpha}{2}\right)$ en avant. Le couple résultant devient alors

$$a \left\{ \cos \frac{\alpha}{2} \sin\left(\varphi + \frac{\alpha}{2} - \theta\right) - \sin \frac{\alpha}{2} \cos\left(\varphi + \frac{\alpha}{2} + \theta\right) \right\}.$$

Quand ce couple résultant est nul, l'égalité suivante

$$\cos \frac{\alpha}{2} \sin\left(\varphi + \frac{\alpha}{2} - \theta\right) = \sin \frac{\alpha}{2} \cos\left(\varphi + \frac{\alpha}{2} + \theta\right)$$

est satisfaite.

Digitized by Google

Elle s'écrit, après simplification,

$$\operatorname{tg} \theta = \frac{\sin \varphi}{\cos (\varphi + \alpha)}.$$

Quand $\varphi = 90°$, correspondant à un retard du courant, on a

$$\operatorname{tg} \theta = - \operatorname{cosec} \alpha,$$

et θ est plus grand que 90°.

Si le déphasage est en avant, θ est moindre que 90°. C'est pour cette raison que l'échelle est amplifiée du côté des retards et réduite du côté des avances.

La meilleure compensation de ce défaut de quadrature des deux champs de tension consiste à décaler les deux bobines de tension de telle manière que le champ tournant parasite soit éliminé. Il suffira pour cela de décaler de α degrés l'axe de la bobine non inductive par rapport à l'axe de la bobine d'intensité pour un facteur de puissance égal à l'unité.

Phasemètre triphasé. — Le phasemètre triphasé pour charges déséquilibrées utilise deux champs tournants produits par trois groupes de bobines placées à 120° et excitées respectivement par la tension et le courant de la distribution. Il est facile de voir que, si les tensions sont symétriques, le champ tournant produit par le système des trois bobines de tension est circulaire et simple, en utilisant la même méthode de décomposition.

En effet, à l'instant où le courant dans l'une d'elles, la phase 1 par exemple, passe par son maximum, les trois composantes semblables tournant dans le même sens coïncident avec l'axe de la bobine 1 et s'ajoutent; les composantes tournant en sens inverse, déphasées de 120° l'une par rapport à l'autre, forment un système nul. Quant aux champs créés par les bobines d'intensité, les composantes utiles sont déphasées respectivement de φ_1, φ_2, φ_3, sur l'axe de la bobine d'intensité de la phase 1 et les composantes tournant en sens inverse ne produisent aucun couple, puisque les composantes similaires de tension s'annulent.

Si θ est l'angle formé par les axes des bobines de tension et d'intensité, le couple résultant sur l'équipage mobile est proportionnel à

$$v \{ i_1 \sin (\varphi_1 - \theta) + i_2 \sin (\varphi_2 - \theta) + i_3 \sin (\varphi_3 - \theta) \}.$$

Il s'annule pour

$$\operatorname{tg} \theta = \frac{\Sigma i \sin \varphi}{\Sigma i \cos \varphi}.$$

Si l'instrument est gradué pour indiquer $\cos \theta$, le facteur de puissance mesuré est

$$\cos \theta = \frac{\Sigma i \cos \varphi}{\sqrt{(\Sigma i \cos \varphi)^2 + (\Sigma i \sin \varphi)^2}}.$$

La signification de cette valeur du facteur de puissance d'un circuit déséquilibré est illustrée par les figures 1 et 2. Le diagramme supérieur donne l'amplitude et le déphasage des courants et des tensions : le diagramme inférieur donne en OA la somme des composantes de puissance active, et en AB la somme des composantes réactives.

Le vecteur OB, qui représente

$$v \sqrt{(\Sigma i \cos \varphi)^2 + (\Sigma i \sin \varphi)^2},$$

est en général moindre que les volt-ampères réels $\Sigma i v$, qui sont représentés par OC. Le facteur de puissance répondant à la relation $\frac{\text{puissance}}{\text{volt-ampères}}$ serait donné par $\frac{OA}{OC}$.

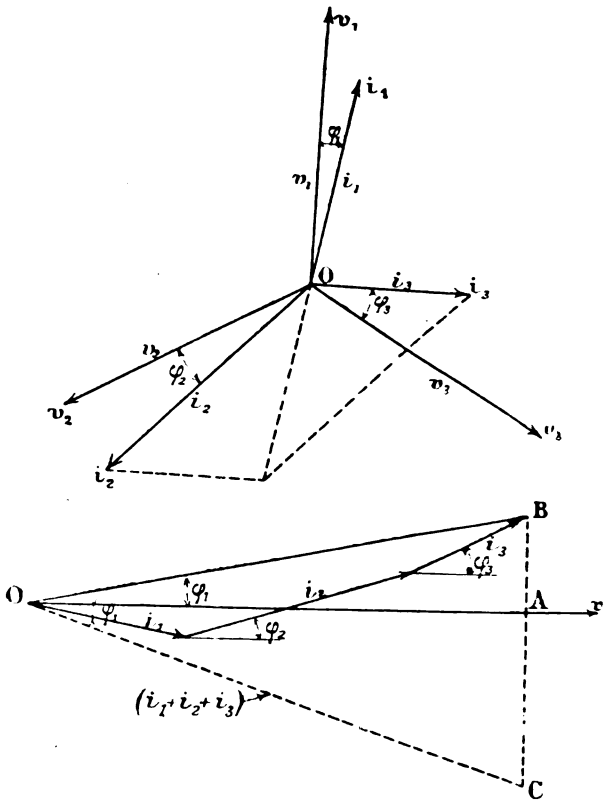


Fig. 1 et 2.

Influence de l'équilibre des tensions sur la précision des appareils. — La précision des indications données par un phasemètre à six bobines dépend, d'après ce qui précède, de l'équilibre des tensions. On a montré par ailleurs (*Electrician*, t. LXXV, 16 avril et 7 mai 1915) que le déséquilibre des tensions rencontré en pratique n'affecte que d'une manière négligeable les indications de cet appareil.

On construit fréquemment des phasemètres triphasés avec quatre bobines seulement pour les circuits à peu près équilibrés. Ces appareils ont trois bobines de tension et une d'intensité ou trois bobines d'intensité et une de tension.

Le type à trois bobines de tension produit, si les tensions sont équilibrées, un champ tournant circulaire et il est évident que l'appareil indiquera le déphasage du courant de la phase sur laquelle est placée la bobine d'intensité par rapport à la tension étoilée correspondante.

Dans le second type d'appareil, les composantes des champs dus aux bobines d'intensité tournant en sens inverse du champ principal produiront, avec la composante similaire du champ de tension, un couple antagoniste qui faussera les indications dans le cas de déséquilibre. Les angles de ces trois composantes avec l'axe de référence indiqué plus haut sont respectivement φ_1, $240° - \varphi_2$, $480° - \varphi_3$.

Pour le circuit représenté en figures 1 et 2, leurs directions sont données en figure 3 par OF_1, OF_2 et OF_3 et ont comme résultante OF_r.

Ce champ tournant parasite permet la mesure de la pertur-

Digitized by Google

bation de fréquence double introduite dans la courbe de puissance de l'alternateur. Il apparaît ainsi que cette perturbation ne peut disparaître que si les courants sont égaux et les tensions équilibrées. Si, cependant, la ligne est pourvue d'un fil neutre reliant l'étoile des récepteurs à celle du générateur, la perturbation peut aussi être éliminée (voir Miles Walker. *J. I. E. E.*, t. LVII, p. 109).

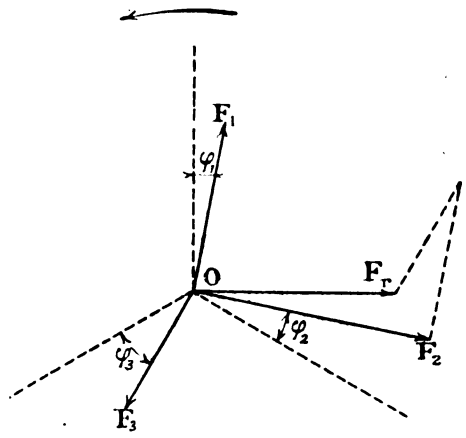


Fig. 3.

Phasemètre a quatre bobines dans un circuit déséquilibré. — Quand un phasemètre à quatre bobines, du type considéré ci-dessus, est placé dans un circuit déséquilibré, l'erreur introduite par le champ antagoniste dépend de la phase à laquelle est connectée la bobine de tension. Dans le cas d'un circuit à quatre fils dans lequel le champ parasite est éliminé, il est évident que ce phasemètre donnera des indications précises, indépendantes du degré de déséquilibre et de la phase à laquelle la bobine de tension a été connectée.

L'échelle d'un tel phasemètre s'étend sur un arc de 120° entre les points 0,5 avance et 0,5 retard. Il est nécessaire parfois d'avoir une échelle plus réduite dans les tableaux de distribution ; on y parvient avec cet appareil en augmentant les ampères-tours dans l'un des groupes de bobines. Le calcul des ampères-tours supplémentaires est aisé en utilisant toujours la méthode de décomposition des champs alternatifs en champs tournants.

Considérons un appareil à trois bobines de tension. Si les ampères-tours de la bobine de tension de la phase correspondant à la bobine d'intensité deviennent n fois ceux des autres bobines, les déphasages demeurant symétriques, le système est équivalent à un système équilibré donnant naissance à un champ tournant d'amplitude $3/2$ auquel s'ajoute un champ alternatif d'amplitude $(n-1)$ qu'on peut décomposer en deux champs tournants d'amplitude $\frac{n-1}{2}$.

Le champ tournant principal aura l'amplitude

$$\frac{3}{2} + \frac{n-1}{2} = \frac{n+2}{2}.$$

Et celle du champ antagoniste sera $\frac{n-1}{2}$.

La condition d'équilibre du système mobile s'écrit alors :

$$\frac{n-1}{2} \sin(\varphi + \theta) = \frac{n+2}{2} \sin(\varphi - \theta),$$

ou

$$\operatorname{tg} \theta = \frac{3}{2n+1} \operatorname{tg} \varphi.$$

Bo.

Quelques perfectionnements récents des circuits à réaction (1).

L'auteur s'est proposé de décrire un nouveau système d'amplification appelé « super-réaction », mais auparavant il rappelle quelques propriétés des circuits à réaction. On sait que l'effet de la réaction (c'est-à-dire l'apport d'énergie à un circuit pour renforcer les oscillations existantes) équivaut à l'introduction d'une résistance négative dans le circuit avec, comme conséquence, une réduction de la résistance effective du circuit. Il y a trois relations possibles entre la résistance négative et la résistance positive : la résistance négative introduite peut être inférieure à la résistance positive, elle peut lui être égale, elle peut enfin lui être supérieure. L'auteur étudie donc, dans les trois cas ci-dessus, ce qui se passe dans un circuit à réaction contenant une inductance et une capacité, quand une force électromotrice alternative, à la fréquence de résonance, est envoyée subitement dans le circuit. La différence fondamentale entre le cas où la résistance du circuit est positive, et le cas où la résistance du circuit est négative, peut être résumée de la façon suivante : dans le premier cas, l'oscillation forcée est la plus énergique, tandis que l'oscillation libre est moins importante; dans le second cas, c'est l'inverse. Il est évidemment impossible actuellement de réaliser un système dans lequel la résistance négative dépasse la résistance positive, sans production d'oscillations dans le système, puisque toute irrégularité dans l'émission du filament, ou toute impulsion produite par les perturbations atmosphériques, est suffisante pour donner naissance à une oscillation. Il est, par contre, possible au moyen d'artifices variés, de réaliser des systèmes qui évitent la production de ces oscillations nuisibles, et qui se rapprochent du cas théorique de l'emploi d'une oscillation libre pour produire l'amplification.

La nouvelle méthode imaginée par l'auteur est basée sur le phénomène suivant. Supposons qu'une variation périodique soit introduite dans la relation entre la résistance positive et la résistance négative d'un circuit possédant self-induction et capacité, de façon que la résistance négative soit alternativement supérieure et moindre que la résistance positive, la valeur moyenne de la résistance demeurant positive; dans ce cas, le circuit ne produira pas de lui-même des oscillations, mais pendant les intervalles où la résistance négative est supérieure à la résistance positive, toute force électromotrice appliquée au circuit sera considérablement amplifiée. Les oscillations libres, qui seront engendrées pendant les périodes de résistance négatives, seront directement proportionnelles en amplitude à l'amplitude de la force électromotrice imprimée. La variation dans la relation entre la résistance positive et la résistance négative peut être obtenue de trois façons : en faisant varier la

(1) H. Armstrong. *Proceedings of the Institute of Radio Engineers*, août 1922, t. X, p. 244-260, 2900 mots, 15 fig.

Digitized by Google

résistance négative par rapport à la résistance positive, en faisant varier cette dernière par rapport à la résistance négative, enfin en les faisant varier simultanément toutes deux à une fréquence qui est généralement basse en comparaison de la fréquence du courant à amplifier.

L'auteur décrit respectivement ces trois méthodes. La première est basée sur la variation de la tension de la plaque du tube amplificateur, au moyen d'un second tube dont la grille est excitée par une force électromotrice de fréquence appropriée.

Dans la seconde méthode, on met en parallèle le circuit de plaque d'un tube à vide avec le circuit accordé du système à réaction, et on excite la grille à l'aide d'une force électromotrice de fréquence convenable.

La troisième méthode est une combinaison des deux précédentes; l'on fait varier à la fois la résistance positive et la résistance négative, et l'on règle les phases relatives de ces deux variations.

Un des phénomènes curieux rencontrés dans l'emploi du système à super-réaction est le suivant. Supposons que l'on veuille obtenir un accord aigu en employant des circuits accordés placés entre l'antenne et le système amplificateur. Les oscillations libres, engendrées dans ces circuits par la réaction du système amplificateur, continuent dans ces circuits pendant l'intervalle où la résistance du circuit amplificateur est positive, excitent à nouveau l'amplificateur quand la résistance devient négative et, par suite, le système entier est maintenu dans un état continu d'oscillation. Cet effet peut être produit, même avec des couplages extrêmement lâches entre le circuit amplificateur et le second circuit accordé. La solution la plus simple, dans ce cas, consiste à accorder pour une fréquence, et à amplifier pour une fréquence différente, par exemple au moyen de la méthode « superhétérodyne ».

En général, l'amplification obtenue avec la méthode à super-réaction varie avec la fréquence du signal reçu et avec le rapport de la fréquence de l'onde engendrée à la fréquence auxiliaire. Toutes proportions gardées, l'amplification varie comme le carré du rapport de la fréquence du signal à la fréquence auxiliaire. Il s'ensuit que l'on peut obtenir une amplification beaucoup plus grande dans le cas de la télégraphie, où l'on emploie une fréquence auxiliaire audible, que dans le cas de la téléphonie, où l'on emploie une fréquence auxiliaire super-audible.

Une des particularités du système, outre son énorme amplification, est sa sélectivité par rapport aux brouillages des signaux par étincelle quand on utilise une fréquence super-audible. Ce fait provient de la suppression périodique de toutes les oscillations libres du système. Dans le système ordinaire à réaction, les brouillages par étincelle produisent une excitation sous forme de choc, qui engendre une vibration libre dans le système; cette vibration, à cause du faible amortissement du système, se continue pendant un certain temps. L'examen de l'oscillation engendrée montre que l'énergie existant dans la vibration libre après la suppression de la force électromotrice initiale est de beaucoup supérieure à la vibration forcée. Dans le système ordinaire, cette vibration libre peut exister pendant un millième de seconde ou plus. Dans le système à super-réaction, cette vibration libre est amortie avant un vingt-millième de seconde au maximum. Il s'ensuit que les brouillages dus aux signaux à étincelle sont grandement réduits. Ce phénomène peut présenter de nombreuses applications pour la suppression des perturbations de toutes sortes dues à l'excitation par choc. — G. M.

La transmutation des éléments tungstène-hélium et l'énergie atomique des corps (1).

Dans d'intéressantes expériences faites à l'Université de Chicago, les auteurs estiment avoir atteint des températures de l'ordre de 28000 à 30000°C et avoir constaté la transmutation du tungstène en hélium gazeux.

Pour obtenir la température exceptionnellement élevée à laquelle se produit la transmutation, les expérimentateurs utilisaient un appareil étudié par le Dr C.-P. Steinmetz pour la production artificielle des effets de l'orage. Le principe utilisé par Steinmetz consiste à charger et décharger un condensateur électrique à des tensions de l'ordre de 100000 v.

MM. G. Wendt et C.-E. Iron soumettaient à une température très élevée un fil de tungstène extrêmement ténu, en le faisant traverser par la décharge de l'appareil Steinmetz. Il en résultait une explosion assourdissante, analogue à celles que produisent certaines formes de l'orage et la décharge était si éclatante que les expérimentateurs lui attribuent une intensité lumineuse 200 fois plus grande que celle de l'intensité solaire, ils estiment, dans ces conditions, avoir atteint une température de 28000 à 30000° C.

A la suite de la décharge, un examen montrait que les atomes de tungstène s'étaient décomposés en éléments plus simples, le tungstène métallique ayant été transformé en hélium gazeux. On peut rapprocher de ces résultats les observations astronomiques établissant que le nombre des éléments composant les étoiles s'abaisse progressivement à mesure que s'élève leur température; celles qui sont les plus chaudes ne laissant plus subsister que les deux éléments hydrogène et hélium. Dans les conditions des expériences de Chicago, les températures des étoiles les plus chaudes étaient largement dépassées, puisqu'on estime avoir approché de 30000°C. Dans une lettre de M. W.-J. Rickets, l'auteur expose que les effets thermiques et lumineux obtenus par les expérimentateurs américains ne sont pas dus seulement à l'énergie atomique libérée par la transformation du tungstène en hélium. Il suggère l'emploi des mêmes moyens pour activer la dissociation de l'atome de radium. Il expose qu'il suffirait, pour cela, d'employer un tube de tungstène de très petit diamètre intérieur, qui jouerait le rôle du conducteur soumis à la décharge. On introduirait dans ce tube une petite quantité de sel de radium et on pourrait espérer libérer dans un temps très court toute l'énergie que renferme ce dernier élément. — M.-H. B.

(1) G. Wendt et C.-D. Iron, *American Chemical Society*, 11 mars 1923; bibliographié dans *Electrician*, 17 mars et 21 avril 1922, t. LXXXVIII, p. 322 et 477, 500 mots.

Digitized by Google

SECTION INDUSTRIELLE

Contribution à l'étude des chaînes d'isolateurs pour les réseaux à haute tension

Cet article fait suite à un article du même auteur paru dans la Revue générale de l'Electricité du 25 février 1922. L'auteur y donne, tout d'abord, un exposé succinct de la méthode du voltmètre, dite à tension constante, qui a été employée au cours des différents essais décrits dans l'article. Ces essais ont eu pour but d'étudier: 1° l'influence de la tension appliquée aux bornes d'une chaîne, sur la valeur de la répartition de la tension entre les différents éléments de cette chaîne; l'influence du nombre d'éléments; 2° un dispositif d'amélioration constituée par une résistance shuntant le premier élément; 3° la répartition de la tension sur une chaîne d'isolateurs dont aucune extrémité n'est à la terre; 4° l'influence de la charge mécanique, sur la tension de perforation d'un élément. — Les essais portent tous sur des isolateurs Hewlett.

I. **Introduction.** — Dans un article précédent (1), nous avons exposé la méthode « du voltmètre à indication constante ». Cette méthode ne peut être employée que pour de basses tensions, car elle suppose que la répartition ne varie pas avec la tension, ce qui n'est approximativement juste que pour des tensions peu élevées. Aussi avons-nous employé, au cours des essais décrits ci-dessous, une variante de cette méthode, que nous avons désignée sous le nom de « méthode du voltmètre à tension constante ».

Soit U la tension appliquée à la chaîne, pour laquelle on veut savoir la répartition du potentiel.

On relie la borne isolée du voltmètre à l'armature dont on veut avoir le potentiel; la borne de la cage est branchée tout d'abord à la terre; on applique à la chaîne la tension U; soit U_1 la tension lue au voltmètre. On branche ensuite la borne de la cage à la ligne (le voltmètre est isolé de la terre); on soumet à nouveau la chaîne à la tension U; soit U_2 la lecture faite au voltmètre.

Le pourcentage de la tension sur les éléments compris entre l'armature considérée et la ligne est

$$p = 100 \frac{U_2}{U_1 + U_2}.$$

Remarque I. — Comme dans la méthode du voltmètre à indication constante, au cours de la deuxième opération, il faut brancher la cage à la ligne, car la capacité de cette dernière par rapport à la terre est alors branchée entre ligne et terre et n'influe pas sur la répartition.

Remarque II. — Cette méthode n'est pas rigoureusement exacte, car la capacité du voltmètre n'est pas la même au cours des deux lectures. Mais, si l'on prend un voltmètre dont la capacité varie relativement peu, la théorie et l'expérience montrent que la précision de la méthode est largement suffisante.

(1) Contribution à l'étude de la répartition de la tension sur les chaînes d'isolateurs. Dispositif pour l'amélioration de cette répartition; G. Viel. *Revue générale de l'Électricité*, 25 février 1922, t. XI, p. 273.

II. **Influence de la tension et du nombre d'éléments sur la répartition de la tension.** — Les essais ont été faits dans le laboratoire haute tension de la Compagnie électrique de la Loire et du Centre. Les conditions d'expérience étaient les suivantes :

Distance du voltmètre (5 000 à 35 000 v) à la chaîne	1,90 m
Distance du fil d'alimentation à la chaîne	1 m
Distance de la chaîne au sol	0,54 m

Nous avons commencé avec une chaîne de 9 éléments. Pour étudier la répartition avec des chaînes de 8, 7, 6, etc... éléments, nous avons court-circuité l'élément supérieur de la chaîne, en reliant la dernière armature à la terre, puis les 2, 3, 4, etc... éléments supérieurs. Ainsi l'extrémité inférieure de la chaîne restait toujours à la même distance du sol. Les résultats sont consignés dans le tableau I.

Tableau I.

Tensions en kilovolts	Pourcentage sur le premier élément d'une chaîne comprenant un nombre d'éléments égal à							
	9	8	7	6	5	4	3	2
25	60,9	60,9	60,3	60,3	60,9	60,9	61,8	64,5
30	58,9	59,1	59,1	58,9	58,9	69,1	59,9	62,3
40	56,5	56,8	56,8	56,8	57	57	58,1	61
50	55	54,9	55	55	54,9	55,1	56,4	59
60	52,8	52,8	53	53	53,1	53,2	54,5	58,2
70	50,9	50,8	50,9	50,8	50,9	51,2	52,1	57
80	49,5	49,5	49,6	49,7	49,7	50	51,2	56,9
90	47,9	48	48,1	48,1	48,6	48,6	50	56,5
100	46,3	46,4	46,3	46,5	46,5	47,2	49,1	56,3

Digitized by Google

On voit donc, d'après ce tableau, que l'influence de la tension appliquée aux bornes d'une chaîne est considérable, et ceci d'autant plus que le nombre d'éléments de la chaîne est plus grand.

De même, on peut dire que le pourcentage supporté par le premier élément est indépendant du nombre d'éléments lorsque la chaîne comprend de 5 à 9 isolateurs. Pour des chaînes de 4, 3, 2 éléments, la variation de la répartition avec le nombre d'éléments est assez sensible.

Remarque. — L'amélioration de la répartition avec l'augmentation de la tension est un phénomène très précieux; il se produira une auto-protection naturelle des éléments des chaînes d'isolateurs lorsqu'elles seront soumises à des surtensions. Toutefois, il ne faut pas trop présumer de cette protection; pour conclure, il faudrait faire des essais à haute tension et à haute fréquence, ce qui est le cas général des surtensions qui se produisent sur les réseaux. On peut très bien concevoir, qu'étant donnée la forme de ces ondes, les effluves n'aient pas le temps matériel suffisant pour remplir leur rôle égalisateur, et que l'isolateur, soumis à une contrainte électrique trop forte, soit perforé.

III. **Essais d'un dispositif d'amélioration : résistance shuntant le premier élément.** — Nous indiquions, dans l'article du 25 février 1922, que l'on peut, à l'aide du fil d'équilibre, régler à volonté la tension supportée par les premiers éléments; « il suffit, disions-nous, par exemple, de brancher à l'usine génératrice une impédance (résistance, condensateur, ou tout autre système), dont on déterminerait la valeur expérimentalement, entre le fil d'équilibre et le câble de la ligne; suivant la valeur de la résistance, par exemple, tous les premiers éléments (qui sont réliés par le fil d'équilibre) seraient shuntés plus ou moins, et la tension qu'ils supporteraient pourrait varier à volonté ».

Nous avons procédé au laboratoire à l'essai suivant:

Aux bornes du premier élément près de la ligne d'une chaîne d'isolateurs, nous avons branché une résistance constituée par des traits de graphite tracés sur une plaque de verre dépoli plongée dans l'huile; on faisait varier la résistance en changeant la position des bornes sur la plaque de verre. Voici les résultats obtenus sur une chaîne de 7 éléments, à la tension de 50 000 V.

TABLEAU II.

VALEUR APPROXIMATIVE en mégohms de la résistance branchée aux bornes du premier élément	POURCENTAGE de la tension totale supportée par le premier élément
Pas de résistance branchée.	55
270	32
220	31.2
180	30.2
177	28

Le tableau II montre bien que l'on peut régler à volonté la tension supportée par le premier élément : il suffit de faire varier la valeur de la résistance qui le shunte.

IV. **Répartition de la tension sur une chaîne d'isolateurs dont aucune extrémité n'est à la terre.** — CONDITIONS D'EXPÉRIENCE. — Nous avons opéré sur des chaînes de 9 et 8 éléments. L'alimentation se faisait comme l'indique le schéma de la figure 1.

A sa partie supérieure, la chaîne est isolée de la terre par plusieurs éléments (2 éléments, 10 et 11, pour une

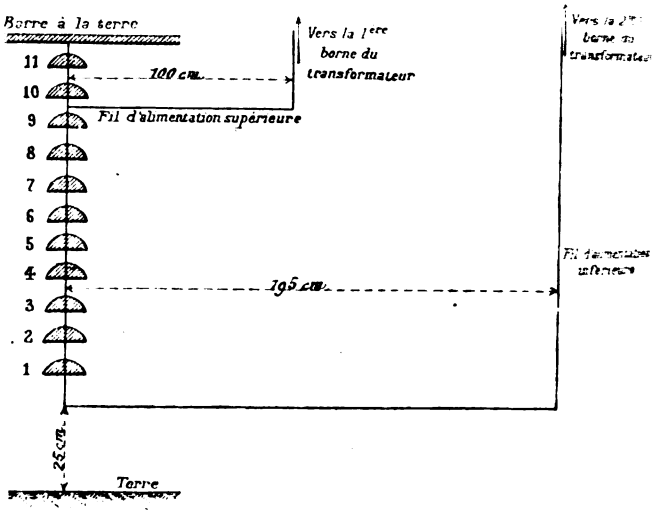


Fig. 1. — Dispositif expérimental pour l'étude de la répartition de la tension sur une chaîne d'isolateurs dont les deux extrémités sont isolées.

chaîne de 9 isolateurs; 3 éléments, 9, 10 et 11, pour une chaîne de 8).

Les autres données d'expériences sont les suivantes:

Tension d'alimentation	100 000 V
Distance du voltmètre à la chaîne	1.90 m
Distance de l'extrémité inférieure à la chaîne au sol	0.25 m
Distance du fil d'alimentation supérieure à la chaîne	1 m
Distance du fil d'alimentation inférieure à la chaîne	1.95 m
Distance de la barre de terre au plafond	1.55 m

Les résultats obtenus sont consignés dans le tableau III.

L'influence du nombre d'éléments sur les tensions supportées par le premier et le dernier élément est assez faible.

Le tableau montre, en outre, d'une façon manifeste, que l'allure de la répartition est tout autre suivant que l'une des extrémités de la chaîne est à la terre, ou que les deux extrémités sont sous tension.

V. **Influence de la charge mécanique sur la tension de perforation d'un élément.** — Nous

Digitized by Google

Tableau III.

Nombre d'éléments		9 éléments	8 éléments
Pourcentage de la tension totale sur l'élément	1	33,7	34
	2	10,1	10
	3	3,3	3,3
	4	2,8	2,9
	5	1,6	2,1
	6	2,5	4,7
	7	4	10
	8	9,3	33
	9	32,2	

avons remplacé les armatures de cuivre des isolateurs Hewlett, par des armatures en acier doux ; dans ces conditions, la charge mécanique de rupture (qui se produit par un arrachement de la porcelaine) est d'environ 3200 kg. Nous avons opéré avec une charge de 2800 kg voisine de la charge de rupture.

Pour déceler l'influence de la charge mécanique, nous avons procédé à deux séries d'essais :

Première série d'essais. — Nous avons appliqué une tension U aux bornes d'un élément plongé dans l'huile, pendant quatre minutes sans charge mécanique. Nous avons recommencé avec la même tension, pendant le même temps, mais en chargeant l'isolateur de 2800 kg.

Les mêmes opérations ont été répétées en élevant, à chaque opération, la tension U de 3000 à 4000 v jusqu'à l'obtention du claquage.

Deuxième série d'essais. — Nous avons procédé en sens inverse, en appliquant d'abord la tension U à l'élément chargé de 2800 kg, puis à l'élément sans charge.

Nous avons commencé à la tension relativement basse de 50000 v.

On peut voir les résultats des essais dans les tableaux IV et V.

Tableau IV.

Isolateur	Première série d'essais — tension appliquée d'abord sans charge, puis avec charge			
	sans charge		avec 2800 kg	
	tension de perforation en volts	temps en secondes	tension de perforation en volts	temps en secondes
1			67 000	10
2			60 000	45
3			62 000	107
4			61 000	8
5	70 000	72		
6	72 000	7		

D'après ces tableaux, on peut dire que la charge mécanique a une influence, puisque la plus grande partie des isolateurs sur 11) ont été perforés à une tension

Tableau V.

Isolateur	Deuxième série d'essais — tension appliquée d'abord avec charge, puis sans charge			
	avec charge de 2800 kg		sans charge	
	tension de perforation en volts	temps en secondes	tension de perforation en volts	temps en secondes
1	59 000	8		
2			63 000	54
3	61 000	182		
4	58 000	80		
5			58 000	165

donnée lorsque la charge de 2800 kg leur était appliquée, alors que, pour la même tension et sans charge, ils n'étaient pas perforés.

D'autre part, la tension moyenne de perforation des isolateurs avec charge de 2800 kg est de 61 000 v.

Nous avons déterminé ensuite la tension moyenne de perforation, sans charge, sur un lot de 5 isolateurs, nous avons trouvé 68000 v.

On peut donc dire que la charge mécanique n'a une influence sur la tension de perforation d'un isolateur que si elle est très voisine de la charge mécanique de rupture. Même alors cette influence est assez faible, car elle ne rabaisse la tension de perforation que de quelques milliers de volts.

VI. Conclusion. — Dans notre article du 25 février 1922, nous indiquions comme causes pouvant avoir une influence sur la répartition de la tension : la distance de l'extrémité de la chaîne au sol, le lieu où les mesures sont faites, la position du fil qui alimente la chaîne, la position des appareils de mesure et l'état de l'atmosphère. Nous voyons qu'il y a lieu d'ajouter : l'influence de la valeur de la tension appliquée aux bornes de la chaîne, la manière dont la chaîne est mise sous tension (extrémité à la terre et l'autre sous tension, ou bien les deux extrémités sous tension), et, enfin, mais dans une bien moindre proportion, l'influence de la charge mécanique appliquée à la chaîne. Tout cela confirme bien notre précédente conclusion, à savoir « que des mesures de répartition ne peuvent être utiles que si elles sont exécutées en se rapprochant autant que possible des conditions normales de service des chaînes d'isolateurs ».

En outre, l'essai avec résistance shuntant les premiers éléments, dont les armatures supérieures seraient reliées par un fil d'équilibre, prouve bien que l'on peut se rendre maître à volonté de la tension supportée par le premier élément, soit par une résistance placée à l'usine, soit, mieux, par un condensateur suffisant et réglable.

G. Viel,
Directeur de la Compagnie électrique de la Loire et du Centre (Secteur de Saint-Etienne).

Digitized by Google

Les accumulateurs électriques d'après les brevets récents

Accumulateurs autres que l'élément au plomb

Après avoir signalé les brevets qui revendiquent différents dispositifs de protection contre l'oxydation par l'air des électrodes négatives ou contre l'attaque irrégulière des électrodes négatives en zinc pendant la charge et la décharge, puis ceux qui concernent la préparation et la fixation des pochettes contenant la matière active des accumulateurs fer-nickel, l'auteur décrit quelques applications intéressantes des accumulateurs en général : dispositif Blériot pour éviter la surcharge des batteries d'éclairage de véhicules quand elles sont chargées par une dynamo à contre-compoundage, dispositif de comptage pour vérifier l'état de charge relatif à deux parties d'une batterie dédoublée, traction des véhicules par accumulateurs et, notamment, dispositifs de démarrage, etc.

Dans le but de soustraire l'électrode négative d'un accumulateur quelconque à l'oxydation par l'oxygène de l'air, C.-J.-V. Féry (1) dispose cette négative à la partie inférieure du bac de façon à l'éloigner du niveau de l'électrolyte. La figure 1 représente l'application à un

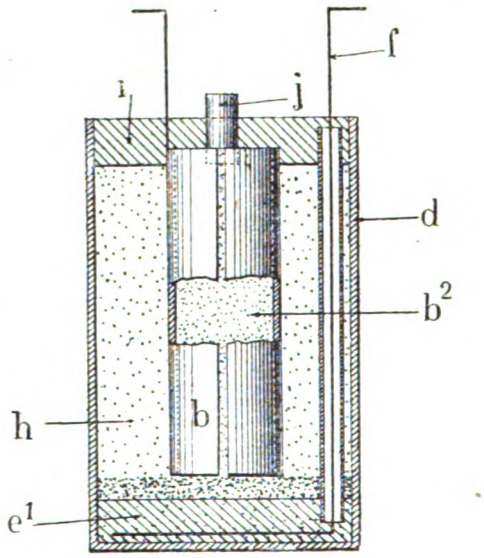


Fig. 1. — Accumulateur Féry.

élément fer-nickel. L'électrode négative e_1 est constituée par un mélange d'oxyde de fer et de graphite en poudre, bien tassé au fond d'un récipient d en matière isolante. Sur ce mélange est tassée une petite épaisseur d'une matière poreuse h, inattaquable par les solutions alcalines (magnésie calcinée, chaux calcinée, aluminate de chaux ou de magnésie calcinée). Tout le récipient est d'ailleurs rempli de cette même matière pour immobiliser l'électrolyte (potasse, soude ou de préférence leur mélange). L'électrode positive comprend une gaine cylindrique élastique b en nickel pur à l'intérieur de laquelle est tassé de l'oxyde de nickel b_2. Elle présente une élasticité suffisante pour rester toujours en contact avec la matière active malgré les variations de volume de celle-ci. Le tube j porté par l'électrode positive sert au dégagement des gaz. Le vase d est fermé par une couche de matière isolante i.

Une petite quantité de baryte ajoutée à l'électrolyte facilite la peroxydation de l'électrode positive, le bioxyde de baryum produit jouant le rôle de catalyseur.

En remplaçant la positive par un cylindre d'argent contenant de l'oxyde d'argent, on a une tension moyenne à la décharge de 1,9 à 2 v au lieu de 1,4 v dans le cas précédent.

La pile réversible L. Neu (1) comprend une électrode négative en zinc amalgamé et une électrode en charbon de cornue ou autre entourée de charbon de bois imprégné d'oxygène comme dépolarisant, l'électrolyte étant une solution d'acide sulfurique. Au lieu d'oxygène on peut aussi employer du chlore.

Pour avoir un charbon particulièrement poreux, on prend du charbon de bois obtenu par la calcination de l'écorce de noix de coco. On l'emploie en grains, en poudre ou sous forme d'aggloméré.

Pour obtenir une meilleure utilisation du volume occupé par les électrodes formées par une enveloppe métallique perforée contenant la matière active, particulièrement dans les accumulateurs alcalins, la Société dite : Svenska Ackumulator Aktiebolaget Jungner (2) constitue ses plaques, à l'aide d'un certain nombre de récipients perforés aplatis placés dans un châssis approprié, de telle sorte que leurs faces aplaties soient contiguës, ainsi qu'il est représenté en figure 2 (coupe verticale d'une électrode).

Non seulement le volume est mieux utilisé que par l'assemblage d'électrodes circulaires, mais encore la résistance intérieure peut être diminuée par ce fait que

(1) Accumulateur. Addition n° 22 584 au *brevet français n° 514 602*, demandée le 6 novembre 1917, délivrée le 18 janvier 1921, publiée le 1er juillet 1921, 139 lignes, une figure.

(1) Perfectionnements aux piles et accumulateurs électriques. *Brevet français n° 519 176*, demandé le 11 août 1918, délivré le 19 janvier 1921, publié le 6 juin 1921, 69 lignes.

(2) Electrode pour éléments électriques, en particulier pour éléments secondaires, et son procédé de fabrication. *Brevet français n° 512 629*, demandé le 19 mai 1919, délivré le 18 octobre 1920, publié le 27 janvier 1921, 202 lignes, 8 figures.

Digitized by Google

la distance entre l'enveloppe métallique et la particule la plus éloignée de matière active peut être fortement diminuée en réduisant l'épaisseur des récipients. On facilite la circulation de l'électrolyte en ménageant des

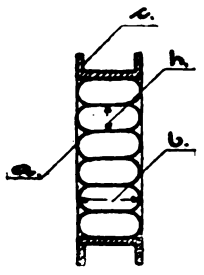


Fig. 2. — Electrode de la Société Svenska Ackumulator Aktiebolaget Jungner.

rainures transversales, obtenues par compression, dans les côtés des récipients qui se font vis-à-vis.

Les négatives en zinc ont, comme on le sait, l'inconvénient que le dépôt de zinc pendant la charge et l'attaque de l'électrode pendant la décharge ne sont pas réguliers.

Afin d'éviter ou d'atténuer cet inconvénient, A. Pouchain (1) entoure la plaque de zinc d'une armature d'un métal très conducteur et inattaquable (argent ou métal argenté). Cette armature est formée par des bandes fixées à la plaque par de petits clous traversant ses perforations ou encore par des fils entrelacés et traversant ces trous de la plaque de zinc.

Un autre inconvénient des négatives en zinc est que le dépôt de zinc pendant la charge et l'attaque du zinc pendant la décharge sont plus intenses sur les bords de l'électrode.

Pour limiter cet inconvénient, A. Pouchain (2) munit les bords de l'électrode en zinc d'un revêtement isolant. Un tel revêtement peut être réalisé en enduisant les bords de l'électrode, perforés d'un certain nombre de trous, d'une solution de celluloïd. La solution, pénétrant dans les trous, forme entre les deux faces opposées, des liens qui, après solidification, augmentent l'adhérence de la couche de celluloïd.

Pour empêcher la perforation des électrodes en zinc sous l'action de décharges répétées et à intensité excessive, A. Pouchain (3) constitue la plaque négative à l'aide d'un support en argent ou en métal argenté recouvert de zinc. La couche de zinc est obtenue par électrolyse du sulfate de zinc additionné de bisulfate de mercure et de sulfate de magnésium.

Dans les plaques des accumulateurs fer-nickel, on dispose en général les pochettes renfermant la matière active dans le sens longitudinal de la tôle d'acier perforée.

Afin d'obtenir une plus grande rigidité, la Société des Accumulateurs fixes et de traction (1) les place deux à deux dans le sens transversal, ainsi que le représente la figure 3. Ces pochettes de matière active 1 sont main-

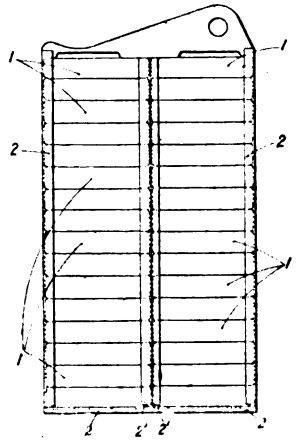


Fig. 3. — Electrode de la Société des Accumulateurs fixes et de traction.

tenues par les replis extérieurs 2 de la tôle en acier découpée qui constitue le cadre de la plaque. Les replis 2' du milieu sont obtenus en pliant la tôle deux fois sur elle-même. Quand toutes les pochettes sont placées dans les rainures des replis, l'ensemble est soumis à l'action d'une presse puissante qui établit un contact intime entre les différentes parties. En même temps, les matrices de la presse produisent dans la plaque de légères dépressions longitudinales qui servent de logement aux bandes étroites en ébonite que l'on utilise pour isoler les plaques et pour augmenter la rigidité de l'ensemble.

Pour assurer l'étanchéité des prises de courant de l'accumulateur fer-nickel, la Société des Accumulateurs fixes et de traction (2) emploie le dispositif représenté en figure 4. La prise de courant comprend une partie 1 directement reliée aux plaques et terminée par un collet 2'. La tige se continue en 2 avec un plus grand diamètre. Le presse-étoupe comprend deux pièces en ébonite 6 et 6' entre lesquelles est placée la bague de caoutchouc 10. Les deux pièces en ébonite sont ajustées, l'une extérieurement et l'autre intérieurement sur la

(1) Plaque négative pour accumulateurs électriques. *Brevet français* n° *521 242*, demandé le 27 juillet 1920, délivré le 3 mars 1921, publié le 8 juillet 1921, 87 lignes 2 figures.

(2) Système pour réduire les actions électrochimiques sur les bords des plaques négatives des accumulateurs électriques. *Brevet français* n° *521 244*, demandé le 27 juillet 1920, délivré le 3 mars 1921, publié le 8 juillet 1921, 70 lignes, une figure.

(3) Plaque négative pour accumulateurs électriques. *Brevet français* n° *528 663*, demandé le 19 août 1920, délivré le 23 août 1921, publié le 17 novembre 1921, 87 lignes.

(1) Perfectionnements aux plaques d'accumulateurs. *Brevet français* n° *525 198*, demandé le 28 septembre 1920, délivré le 30 mai 1921, publié le 16 septembre 1921, 56 lignes, 5 figures.

(2) Presse-étoupe pour accumulateurs. *Brevet français* n° *525 199*, demandé le 28 septeml re 1920, délivré le 30 mai 1921, publié le 16 septembre 1921, 68 lignes, une figure.

Digitized by Google

partie cylindrique 8' du couvercle 8. Le serrage de l'ensemble est obtenu à l'aide de l'écrou 5. La tige 2 se termine par une douille 3 sciée en quatre parties et filetée à l'intérieur de manière à recevoir la vis 4 qui, produisant un léger écartement de la douille, serre celle-ci énergiquement sur la connexion 9.

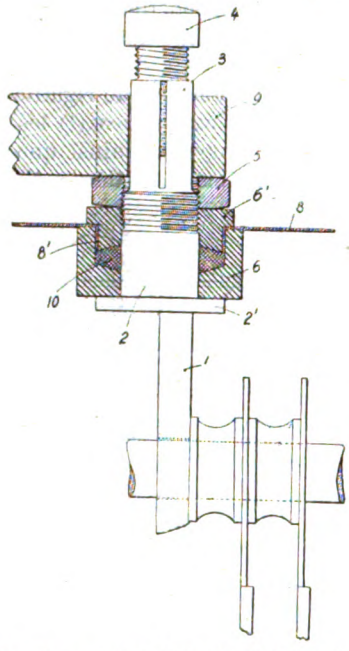


Fig. 4. — Prise de courant de la Société des Accumulateurs fixes et de traction.

Pour préparer mécaniquement les pochettes de matière active de l'accumulateur fer-nickel, la Société des Accumulateurs fixes et de traction (1) emploie la machine représentée en figures 5, 6, 7. La figure 5 est une coupe verticale passant par les arbres de commande des deux plateaux; les figures 6 et 7 sont des vues en plan montrant la coupe transversale du mécanisme de la partie supérieure et le plateau horizontal de remplissage. Les figures 8 et 9 sont des vues en perspective d'un couvercle et d'un auget dont l'ensemble doit former la pochette.

La machine comprend un plateau horizontal 1 portant des évidements 2 dans lesquels on place les augets 40 à remplir et un plateau vertical 3 portant des évidements 2' dans lesquels sont placés les couvercles 40'.

Ces deux plateaux reliés par deux pignons d'angle 4 et 4' tournent d'une manière intermittente et synchroniquement, le mouvement intermittent étant réalisé par un cliquet 5 à l'extrémité du bras oscillant 6 actionné par la came 7. Un verrou 8 commandé par un poussoir 9 et la came 10, et s'engageant dans les dents 43 à la périphérie des plateaux, assure l'immobilité de ceux-ci et la coïncidence exacte des évidements 2 et 2'. Un sabot de frein 12 commandé par une came 13 agit comme amortisseur aux arrêts des plateaux.

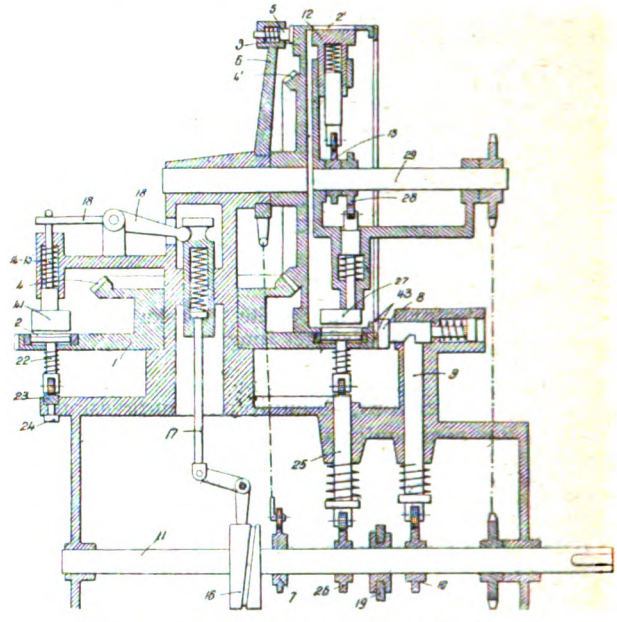


Fig. 5. — Machine à pochettes de la Société des Accumulateurs fixes et de traction.

Deux dispositifs 14 et 15, actionnés par une came 16 à rainure hélicoïdale par la tige 17 et le levier à bascule 18 servent, l'un à ouvrir les côtés de l'auget, l'autre à comprimer la matière active par le poinçon 41.

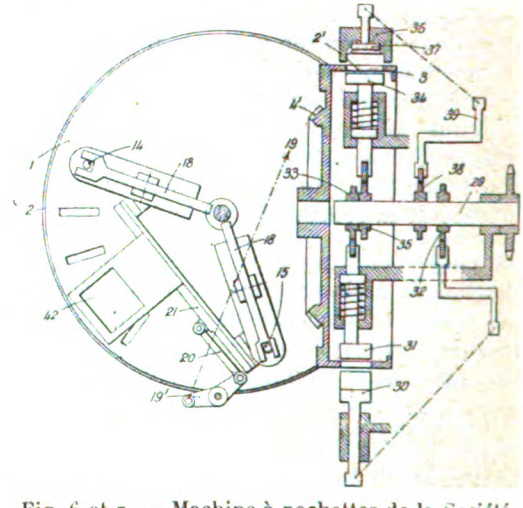


Fig. 6 et 7. — Machine à pochettes de la Société des Accumulateurs fixes et de traction.

Les augets 40 sont remplis par la trémie 42 dont l'embouchure s'applique exactement sur le plateau inférieur et qui reçoit un mouvement de va-et-vient par

(1) Machine à remplir les pochettes de matière active des plaques d'accumulateur nickel-fer. *Brevet français n° 525 200*, demandé le 28 septembre 1920, délivré le 30 mai 1921, publié le 16 septembre 1921, 171 lignes, 6 figures.

Digitized by Google

l'excentrique 19, le levier 19', la biellette 20 et le chariot 21. Ce mouvement de va-et-vient provoque des secousses qui assurent la descente régulière de la matière active.

Pour régler la quantité de matière entrant dans les augets, le dispositif 22 sur lequel reposent les augets roule sur le chemin de roulement 23 dont on peut faire varier la hauteur à l'aide de la vis 24.

Après remplissage et compression de la matière active, l'auget est chassé de son logement par le poussoir 25 actionné par la came 26 calée sur l'arbre 11.

Fig. 8 et 9. Pochette de la Société des Accumulateurs fixes et de traction.

Cette opération se fait chaque fois qu'un des couvercles placé sur le plateau vertical 3 se trouve en face d'un auget, le chemin de roulement étant interrompu à l'endroit de contact des deux plateaux. A cet effet, le poinçon 27 actionné par la came 28 se place en face de l'auget au moment où il est poussé dans le couvercle de la pochette placé dans le plateau vertical. Les couvercles ont été préalablement ouverts par les poussoirs 30 et 31 actionnés par les cames 32 et 33. Le poussoir 34 actionné par la came 35 expulse la pochette terminée et la place dans une matrice 36 dans laquelle les rebords du couvercle sont rabattus sur la pochette. A cet effet, le poinçon 37 actionné par la came 38 et le levier 39 traverse la matrice et vient à la rencontre de la pochette pour la conduire dans la matrice. C'est ce même poinçon qui expulse la pochette.

Pour mieux répartir le courant dans l'électrode en zinc et éviter le détachement de fragments de cette électrode, A. Pouchain (1) entoure celle-ci à l'aide d'un fil ou d'une bande en métal bon conducteur et inattaquable par l'électrolyte (acide sulfurique), tel que platine, or, argent, cadmium ou tout autre métal recouvert d'un de ceux-ci.

A. Pouchain (2) constitue également l'électrode-zinc en partant d'une plaque en métal bon conducteur non attaqué par l'électrolyte (acide sulfurique) tel que platine, or, argent, cadmium ou tout autre métal recouvert d'un de ceux-ci. Cette plaque est découpée de façon à former des bandes entre lesquelles on engage une ou plusieurs lames de zinc. Après quelques charges et décharges, on a une électrode complètement revêtue de zinc, avec des lames de zinc qui constituent une réserve destinée à compenser les pertes dues à la chute de zinc au fond du récipient.

(1) Système pour coupler avec le circuit l'électrode soluble des piles et accumulateurs électriques. *Brevet français n° 533683*, demandé le 1er avril 1921, délivré le 19 décembre 1921, publié le 8 mars 1922, 52 lignes, 1 figure.

(2) Electrode négative pour accumulateurs électriques. *Brevet français n° 533684*, demandé le 1er avril 1921, délivré le 19 décembre 1921, publié le 8 mars 1922, 55 lignes 2 figures.

Dans les accumulateurs à électrode négative en zinc, A. Pouchain (1) munit chaque négative d'un appendice qui repose sur le fond du bac et est relié à l'électrode, ce qui permet d'utiliser le zinc tombant éventuellement des électrodes négatives. Les électrodes positives sont écartées du fond du bac à l'aide de pieds isolants.

D'après A. Pouchain (2), on évite l'attaque du zinc à circuit ouvert et on produit son dépôt uniforme pendant la charge en utilisant un électrolyte spécial, constitué par de l'acide sulfurique dilué dans lequel on dissout presque jusqu'à saturation du sulfate de zinc cristallisé. On y ajoute encore, presque jusqu'à saturation, des sulfates de métaux se déposant après le zinc (aluminium, magnésium, potassium), ainsi qu'une petite quantité de sulfate de mercure et 4 pour 100 au maximum d'une substance organique contenant plusieurs hydroxyles alcooliques, mais sans action acide (glycérine, mannite, glucose, saccharose).

Enfin, on peut encore introduire, sans dépasser 5 pour 100 du volume du liquide, un hydrocarbure à point d'ébullition élevé (huile de vaseline). En faisant passer le courant électrique dans ce liquide, il serait amélioré; pendant cette opération, on prend comme électrode positive une plaque de zinc amalgamé et comme électrode négative une plaque métallique quelconque, si l'on dispose de courant continu, ou deux plaques de zinc dans le cas où l'on utilise du courant alternatif.

Applications des accumulateurs électriques. — Pour éviter la surcharge de la batterie dans les installations d'éclairage de véhicules comportant une dynamo à potentiel non constant quoique à puissance limitée, la Société anonyme des Etablissements L. Blériot (3) réalise le montage représenté en figure 10.

Entre la dynamo 1 et les accumulateurs 8 est intercalé le conjoncteur-disjoncteur 12 à la façon connue. En dérivation sur la dynamo, on branche un électro-aimant 13 calculé de telle manière que son armature 14 soit attirée quand la tension prend une certaine valeur. Les contacts 15_1 et 15_2 se trouvant écartés, la résistance 15_a est introduite dans le circuit d'excitation shunt 3 de la dynamo. Pour compenser l'effet de la variation de réluctance de l'électroaimant 13 quand son armature est mise en jeu, la résistance 13_a est introduite dans le circuit de la bobine 13 lorsque l'armature 14 est au collage.

La dynamo agit ainsi à la manière d'une dynamo à

(1) Perfectionnements aux accumulateurs électriques. *Brevet français n° 533686*, demandé le 1er avril 1921, délivré le 19 décembre 1921, publié le 8 mars 1922, 68 lignes, 2 figures.

(2) Accumulateur électrique à négatif de zinc. *Brevet français n° 534805*, demandé le 3 mai 1921, délivré le 13 janvier 1922, publié le 3 avril 1922, 138 lignes

(3) Perfectionnements apportés aux installations électriques comportant en même temps que des accumulateurs, un générateur de courant non à potentiel constant, quoiqu'à puissance limitée. *Brevet français n° 534016*, demandé le 2 septembre 1914, délivré le 26 décembre 1921, publié le 16 mars 1922, 196 lignes, 1 figure.

Digitized by Google

différence de potentiel rendue constante par un régulateur rapide. On règle cette différence de potentiel, de façon qu'elle corresponde à celle de fin de charge de la batterie.

Au cas où l'on n'a pas recours à la résistance de shuntage 15_a ou encore si celle-ci est trop grande, on munit l'armature 14 du système de verrouillage, représenté dans la figure, lorsque cette armature vient au collage.

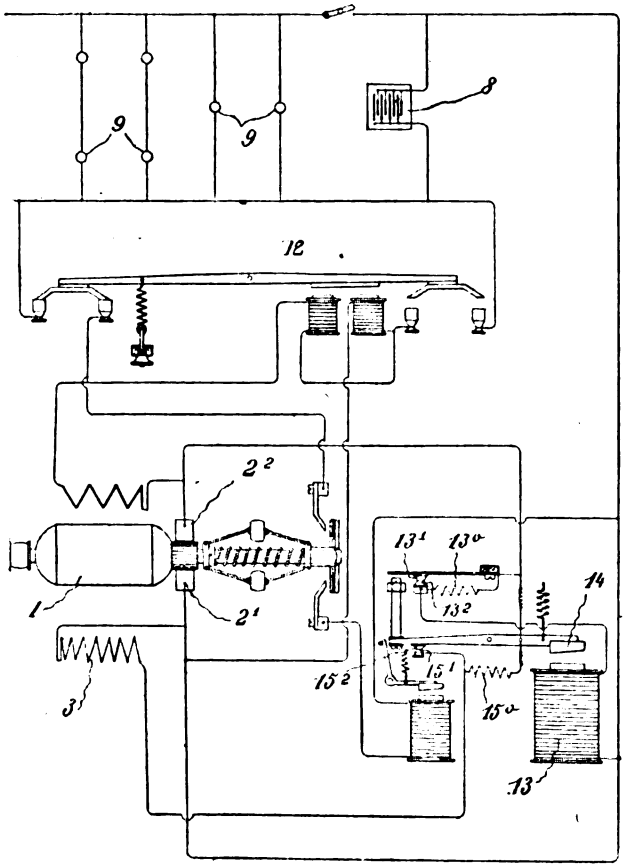


Fig. 10. — Dispositif L. Blériot pour éviter la surcharge des batteries d'éclairage.

L'électroaimant 13 permet donc non seulement d'éviter la surcharge de la batterie mais encore d'assurer le fonctionnement normal de l'installation au cas où la batterie serait mise hors de service.

Dans les installations d'éclairage de voitures automobiles par dynamo et accumulateurs, il faut éviter la surcharge de ces derniers. La Société anonyme des établissements L. Blériot (1), y parvient par le dispositif représenté en figure 11 qui se rapporte à l'emploi d'une dynamo à contre-compoundage. La dynamo 1 tournant à une vitesse suffisante, le conjoncteur-disjoncteur 9 enclanche et les accumulateurs 8 chargent. Quand ceux-ci sont chargés, c'est-à-dire quand leur tension atteint par exemple 2,5 ou 2,6 v par élément, l'électroaimant 13 attire son armature 14, d'où il résulte que

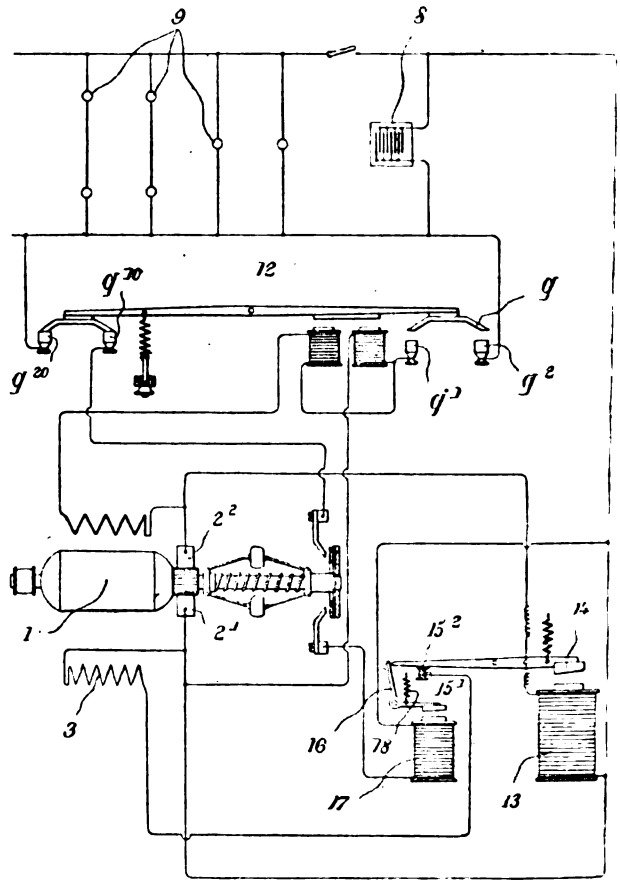


Fig. 11. — Autre dispositif L. Blériot pour éviter la surcharge des batteries d'éclairage.

l'excitation shunt 3 de la dynamo est coupée et que, la tension tendant à s'annuler, le conjoncteur-disjoncteur 12 rompt le circuit de charge. Pour éviter le pompage, dès que l'armature 14 est attirée, elle se trouve maintenue dans cette position par le verrou 16. Tout reste en cet état jusqu'à ce que, la vitesse de la dynamo étant devenue suffisamment faible (ce qui arrive toujours dans le cas des automobiles), avant que les accumulateurs ne se soient sensiblement déchargés, le verrou 16 soit ramené à l'inaction par suite de la rupture du courant dans l'électroaimant 17 et l'armature 14 à sa position pour laquelle les contacts 15_1 et 15_2 ferment le circuit d'excitation 3 qui réamorce la dynamo dès que sa vitesse est redevenue suffisante.

Quand on allume des lampes alors que l'excitation shunt a été rompue et reste en cette position par le verrouillage, les accumulateurs seuls alimentent ces lampes. Mais ceci ne dure que jusqu'à la prochaine

(1) Perfectionnements apportés aux installations électriques comportant, en même temps que des accumulateurs, un générateur de courant non à potentiel constant, quoique à puissance limitée. *Brevet français n° 535 265*, demandé le 2 septembre 1914, délivré le 23 janvier 1922, publié le 12 avril 1922, 345 lignes, 4 figures.

Digitized by Google

baisse de vitesse. A partir de ce moment, le déverrouillage s'étant produit et la dynamo ayant repris sa vitesse, le circuit de charge a été refermé par le conjoncteur-disjoncteur. La dynamo assure donc à la fois l'éclairage et la recharge de la batterie et ceci tant que les lampes restent allumées car, alors, la tension n'atteint pas la valeur pour laquelle l'électroaimant 13 attire son armature 14.

Comme variante, on peut court-circuiter complètement ou partiellement les contacts 15_1 et 15_2 ou bien, encore, on fait usage d'un interrupteur permettant de couper le circuit de l'électroaimant 13. On peut également paralyser électriquement ou mécaniquement l'action du système de verrouillage. Ces moyens permettent de recharger la batterie dans le cas où elle est sulfatée et où elle prend par conséquent une tension plus élevée que normalement.

Dans certaines applications, il arrive qu'on divise la batterie d'accumulateurs pour n'en faire travailler qu'une partie. C'est ainsi que, dans les sous-marins par exemple, lorsqu'on marche à faible vitesse, on ne connecte les moteurs que sur une demi-batterie.

L'inconvénient de ce procédé est que les deux demi-batteries ne sont pas homogènes et lorsqu'elles sont couplées à nouveau en tension, l'une d'elles peut être épuisée avant l'autre.

Pour éviter cet inconvénient, la Société dite : Siemens-Schuckert Werke G. m. b. H. (1) connecte les moteurs alternativement avec chaque demi-batterie, à l'aide d'un permutateur et d'interrupteurs permettant de faire travailler à volonté chacune des parties de la batterie ou la batterie complète. D'autre part, un dispositif permet de se rendre compte de l'état de décharge relatif des deux demi-batteries. C'est un simple compteur de quantité dans lequel l'aiguille tourne dans un sens quand le courant est fourni par une des demi-batteries et en sens inverse quand le courant est fourni par l'autre demi-batterie. Lorsqu'une des parties de batterie a débité, en plus de l'autre, le maximum admissible (100 A-h par exemple), on fait le changement de demi-batterie.

Pour réduire le poids et l'encombrement dans les petites voitures électriques à une ou deux personnes, R. Slaby (2) dispose la batterie d'accumulateurs en gradins devant le conducteur et à une hauteur telle qu'entre elle et le plancher soit aménagé un espace assez grand pour que le conducteur puisse y placer commodément les jambes.

Un autre avantage de cette disposition est une égale répartition de poids sur les essieux avant et arrière, le moteur électrique étant placé sous le siège du conducteur et actionnant les roues arrière.

Pour monter les batteries d'accumulateurs sur les châssis des tracteurs ou chariots électriques, la Société dite American Trading Company of France (1) dispose les accumulateurs sur un plateau permettant l'enlèvement de la batterie entière d'une seule pièce. Le plateau est porté par des rouleaux permettant de le faire glisser sur le châssis. Des anses avec œillères fixées au plateau facilitent son enlèvement. Des pièces amovibles fixées à distances variables en travers des longerons du châssis permettent de caler des batteries de longueurs différentes. Le châssis est muni, en avant de la caisse, d'un contrepoids massif et, en arrière, d'un contrepoids plus petit, augmentant l'adhérence du tracteur au sol et l'empêchant de se relever. Le couvercle de la caisse est divisé en deux moitiés munies de poignées de soulèvement et pouvant être fermées par une languette se rabattant sur elles.

Dans le chariot à accumulateurs de la Société dite : The automatic transportation C° (2), une pédale reliée, d'une part, au mécanisme de serrage du frein du moteur électrique et, d'autre part, au commutateur de ce moteur permet au conducteur de produire instantanément l'arrêt et la mise en marche du chariot. Une plateforme élévatoire peut être levée et abaissée au moyen de plans inclinés qui glissent sur des galets lorsqu'ils sont tirés longitudinalement par une bielle reliée par un engrenage à l'arbre du moteur électrique. La commande comprend une came à deux entailles diamétralement opposées, sur laquelle roule l'extrémité d'une tige reliée à la fois à un interrupteur et à un frein du moteur, de telle sorte que l'interrupteur est ouvert et le frein serré lorsque l'extrémité de la tige se loge dans les entailles de la came et que, par une action manuelle exercée sur la tige, le frein est desserré et l'interrupteur fermé pour déterminer le mouvement de la plateforme dans les deux sens sans renversement de la rotation du moteur.

Le dispositif de la Société dite : Etablissements Henry Crochat (3) a pour but d'empêcher la production d'étincelles aux combinateurs de couplage des véhi-

(1) Dispositif pour la détermination comparative de l'état de décharge de deux batteries d'accumulateurs de sous-marins utilisées temporairement séparément. *Brevet français n° 510740*, demandé le 26 février 1920, délivré le 11 septembre 1920, publié le 9 décembre 1920, 190 lignes, 3 figures.

(2) Disposition des batteries d'accumulateurs dans les voiturettes automobiles électriques. *Brevet français n° 511029*, demandé le 2 mars 1920, délivré le 17 septembre 1920, publié le 15 décembre 1920, 80 lignes, 1 figure.

(1) Caisse à accumulateurs pour tracteurs électriques. *Brevet français n° 515310*, demandé le 10 mai 1920, délivré le 24 novembre 1920, publié le 31 mars 1921, 109 lignes, 6 figures.

(2) Construction et perfectionnements à des chariots et tracteurs à accumulateurs. *Brevet français n° 516230*, demandé le 1er juin 1920, délivré le 4 décembre 1920, publié le 15 avril 1921, 433 lignes, 22 figures.

(3) Perfectionnements apportés aux systèmes de commande pour installations électriques comportant un combinateur de couplage, tels notamment que ceux à adjoindre aux moteurs électriques pour la propulsion des véhicules automobiles, qui utilisent pour leur alimentation une batterie d'accumulateurs. *Brevet français n° 519701*, demandé le 8 juillet 1920, délivré le 28 janvier 1921, publié le 14 juin 1921, 331 lignes, 3 figures.

59 l

Digitized by Google

cules à accumulateurs électriques. A cet effet, le combinateur comporte des contacts supplémentaires et des connexions telles que, pour chaque manœuvre du combinateur, le circuit principal ne puisse être coupé ou fermé que par coupure ou fermeture d'un relais dont l'armature, suivant qu'elle est attirée ou relâchée, établit ou rompt la connexion.

Un autre dispositif de la Société dite : Etablissements Henry Crochat (1) consiste à combiner avec le tambour du combinateur, un système mécanique ou électromagnétique empêchant, d'une part, lorsque le tambour du combinateur n'est pas au zéro, de brancher sur les bornes connectées aux batteries les câbles ou une prise d'amenée de courant et, d'autre part, la rotation dudit tambour tant que les câbles ou la prise d'amenée de courant sont branchés sur lesdites bornes,

Dans les installations d'éclairage et de démarrage électrique pour automobiles, bien que les dynamos soient à courant limité (enroulement série démagnétisant ou troisième balai), deux inconvénients peuvent se produire : 1° surcharge de la batterie lors des parcours de jour à grande vitesse et sans arrêts ; 2° en cas de rupture des connexions entre la dynamo et la batterie pendant la marche de nuit, la tension aux bornes des lampes de phares monte considérablement au point de brûler le filament ou de fondre le coupe-circuit.

Pour éviter ces inconvénients, J. Bethenod (2) emploie un limiteur de charge qui, contrairement aux régulateurs vibrants bien connus, est très robuste et insensible aux secousses puisqu'il n'a pas besoin de posséder une grande sensibilité aux baisses de tension. En effet, la chute de tension créée au démarrage est plus que suffisante pour que le limiteur se replace spontanément à la position de pleine charge même si la réluctance de son circuit magnétique varie notablement avec la course de l'armature mobile.

Pour éviter toute décharge intempestive de la batterie à travers l'enroulement magnétisant du limiteur pendant les périodes d'arrêt, on branche cet enroulement par rapport à la dynamo en aval du conjoncteur-disjoncteur et de telle façon que son circuit se trouve coupé par le dispositif de verrouillage prévu sur le tableau de commande de l'installation.

Enfin ce limiteur insère, en cas d'élévation de tension, une résistance dans le circuit d'excitation de la génératrice, telle que la tension aux bornes des lampes est suffisamment limitée pour éviter toute avarie à ces lampes lorsqu'une connexion de la batterie se trouve coupée accidentellement.

(1) Perfectionnements apportés aux véhicules automobiles électriques dont la force motrice est fournie par accumulateurs. *Brevet français n° 519 703*, demandé le 8 juillet 1920, délivré le 28 janvier 1921, publié le 14 juin 1921, 124 lignes, 1 figure.

(2) Perfectionnements aux installations électriques d'éclairage comportant des batteries d'accumulateurs. *Brevet français n° 529 228*, demandé le 27 juillet 1920, délivré le 5 septembre 1921, publié le 25 novembre 1921, 122 lignes.

Pour déterminer si un accumulateur est épuisé, J.-L. Thompson (1) fait usage d'un petit indicateur comprenant une électrode en cadmium enfermée dans un tube et pouvant être mis en contact avec l'électrolyte. Le tube porte une petite lampe à incandescence qui est mise dans le circuit du couple cadmium et électrode positive de l'accumulateur à essayer. Quand celui-ci est épuisé, la lampe ne s'allume pas.

M. P. Gresse et V.-E. Tinchant (2) rechargent les accumulateurs destinés à alimenter le projecteur d'un appareil cinématographique à l'aide d'une dynamo commandée par le dispositif de développement du film.

Le dispositif de transmission électrique et de démarrage de C.-E.-F. Ahlm (3) est représenté en figure 12.

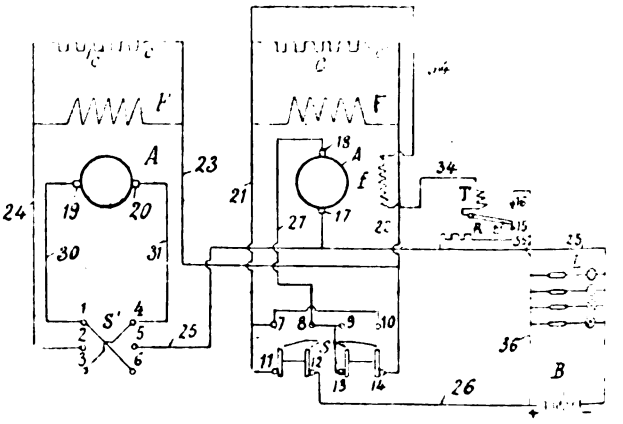


Fig. 12. — Dispositif Ahlm.

L'induit primaire A est relié directement à l'arbre manivelle du moteur. Il a un inducteur en série F et un inducteur shunt f. L'induit secondaire A' est relié à l'arbre de commande de l'automobile ; son inducteur F' est en série. Pour le démarrage, la voiture restant fixe, les connexions sont celles représentées par la figure 1, la machine secondaire étant au repos par suite de l'ouverture du commutateur de commande S'. Le commutateur de mise en marche S est abaissé avec la pédale et le courant partant de la batterie B traverse l'inducteur F et l'induit A tandis qu'une dérivation traverse l'enroulement shunt f, l'électroaimant T du relais, l'armature t et la résistance R.

(1) Appareil d'essai pour accumulateurs. *Brevet français n° 525 508*, demandé le 2 octobre 1920, délivré le 8 juin 1921, publié le 23 septembre 1921, 142 lignes, 3 figures.

(2) Dispositif de commande d'une dynamo pour recharger les accumulateurs de tout appareil cinématographique. *Brevet français n° 531 360*, demandé le 25 février 1921, délivré le 21 octobre 1921, publié le 11 janvier 1922, 65 lignes, 1 figure.

(3) Système de chargement des accumulateurs et de mise en marche pour les automobiles. *Brevet français n° 535 649*, demandé le 30 mars 1921, délivré le 28 novembre 1921, publié le 17 février 1922, 569 lignes, 6 figures.

Digitized by Google

Le moteur se trouvant ainsi lancé, la pédale ramène le commutateur S dans la position supérieure.

Pour assurer la marche avant de la voiture, on met le commutateur S' dans la position supérieure en reliant respectivement 2 à 1 et 5 à 4, le commutateur S étant dans sa position supérieure. Le relais de transfert T reste abaissé au commencement de la marche, de sorte que la batterie est déconnectée. L'induit A étant commandé par le moteur à combustion interne, son courant traverse l'induit A', l'inducteur F' et l'inducteur F. De même une dérivation traverse l'inducteur f, l'électro-aimant T du relais, son armature t et la résistance R'. Le moteur A' fait tourner l'arbre de commande et entraîne le véhicule dont la vitesse est ordinairement réglée par le papillon et par l'allumage du moteur. Pour monter les côtes, on peut employer l'accélérateur C en dérivation sur l'inducteur F. On peut aussi agir sur la résistance C' shuntant l'inducteur F' du moteur.

Lorsque le courant dérivé en T est suffisant, l'armature t se relève et ce courant dérivé passe par la batterie au lieu de traverser la résistance R équivalente. Le relais de transfert empêche la batterie de se trouver dans le circuit avant que la tension de charge soit suffisante.

Pour la marche arrière, on abaisse le commutateur de commande S' de façon à relier respectivement 2 à 3 et 5 à 6, ce qui inverse la polarité de l'inducteur F'. Pour la petite vitesse nécessaire alors, le relais de transfert ne reçoit pas un courant suffisant pour être excité et le courant dérivé traverse la résistance R, la batterie restant au repos.

L. Jumau.

Revues, analyses et informations

Un transformateur à air pour très hautes tensions [1].

Aperçu général sur la question. — Les essais d'isolement à très haute tension constituent l'application la plus commune, actuellement, des transformateurs à très haute tension. Jusqu'ici, ces derniers ont été des transformateurs dans l'huile; on leur reconnaît un encombrement réduit (trois fois moindre que dans l'air, d'après G. Haefely). Mais leur établissement se heurte à des difficultés qui grandissent avec la tension d'emploi ; en particulier, l'huile est sujette à la décomposition par les effluves; d'autre part, les dimensions des bornes de sortie isolées croissent plus vite que la tension, en sorte qu'on arrive à des encombrements qui en condamnent l'emploi. La décomposition de l'huile par les premiers effluves crée, ainsi qu'on le vérifie en pratique, un danger de court-circuit entre l'enroulement à haute tension et la masse. Les bornes soulèvent la même question de prix et d'insécurité. En résumé et pour fixer les idées, on ne peut dépasser, avec un transformateur dans l'huile, la tension de 300 000 v. Il y a donc là un problème industriel à résoudre, dont le transformateur à air apporte la solution.

Le transformateur à air de la firme Emile Haefely et Cie, à Bâle. — Il s'agit d'un transformateur à air de 200 kv-a, 50 p : s, 300 000 v. La tension d'alimentation du primaire est de 432 v. Ce transformateur est actuellement en service, pour des essais d'isolement; la figure 1 montre cet appareil installé pour les essais. Comme nous le verrons plus loin, les modifications ont porté principalement sur le montage du primaire, les connexions des spires des enroulements, l'isolement du bâti. Dans ces conditions, il peut devenir un appareil fournissant des tensions plus élevées, 500 000 v par exemple.

Voici quelques-unes des caractéristiques de construction de ce transformateur. L'isolement entre haute et basse tension est réalisé par un matelas d'air dont l'épaisseur est telle que nul effluve ne puisse y prendre naissance à la plus haute tension de fonctionnement normal prévue (fig. 2). Ce matelas d'air est limité par deux cylindres isolants, contigus aux bobines à haute et basse tension, cette dernière étant la plus centrale. Ces cylindres n'ayant pas de rôle mécanique important à jouer, sont relativement minces. Mais, au point de vue électrique, ils ont l'avantage de répartir uniformément les lignes de force qui les traversent, grâce à leur constante diélectrique élevée.

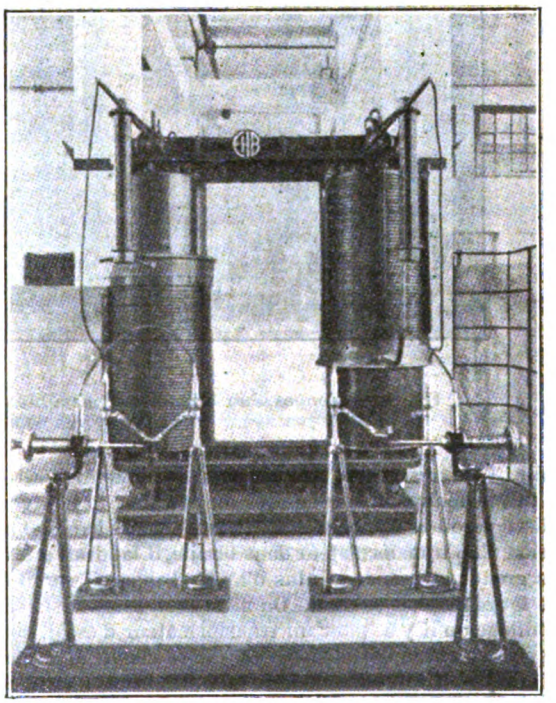


Fig. 1. — Photographie d'un transformateur à air pour essais à 300 000 volts.

[1] Hess. *Bulletin de l'Association suisse des Electriciens*, mai 1921, t. XII, p. 109-117, 4 000 mots, 6 figures, 1 tableau.

Digitized by Google

En ce qui concerne l'isolement des points à plus haut potentiel par rapport au bâti, la gaine d'air apporte aussi une solution. En effet, elle permet d'utiliser d'une façon judicieuse certaines propriétés des décharges par effluves, étudiées et mises en évidence par G. Haefely. Grâce à sa présence, la répartition homogène des lignes de force s'oppose à l'accumulation dangereuse de ces dernières en un seul point, et, par suite, à la production d'aigrettes, qui sont favorisées par les aspérités superficielles. Pour compléter la protection des spires, un anneau de garde, du genre de ceux qu'on utilise dans les transformateurs à huile, est relié à la spire de potentiel le plus élevé. L'absence de bain d'huile exposant les spires à haute tension davantage à l'humidité, aux changements de température et aux poussières, ces spires subissent un traitement spécial, dans le vide et sous pression (imprégnation).

Le milieu de l'enroulement est maintenu au potentiel du bâti par la liaison directe avec ce dernier de l'extrémité des spires du milieu. Aussi, pour 300 000 v entre les bornes, n'y a-t-il que 150 000 v entre enroulement et bâti.

Comparaison entre le transformateur dans l'air et le transformateur dans l'huile. — 1. Le poids total du transformateur dans l'air n'atteint pas 30 pour 100 du poids du transformateur dans l'huile de puissance et tension équivalentes. Le transformateur ci-dessus décrit ne pèse que 5,5 tonnes (tension, 300 000 v; puissance, 200 kv-a; fréquence, 50p: s). 2. Par suite de l'absence de l'huile, de celle de la cuve et du remplacement des bornes de sortie isolées par un système simple, le prix du transformateur dans l'air est moins élevé. 3. Le transformateur dans l'air permet d'obtenir une chute de tension plus grande qu'avec le transformateur dans

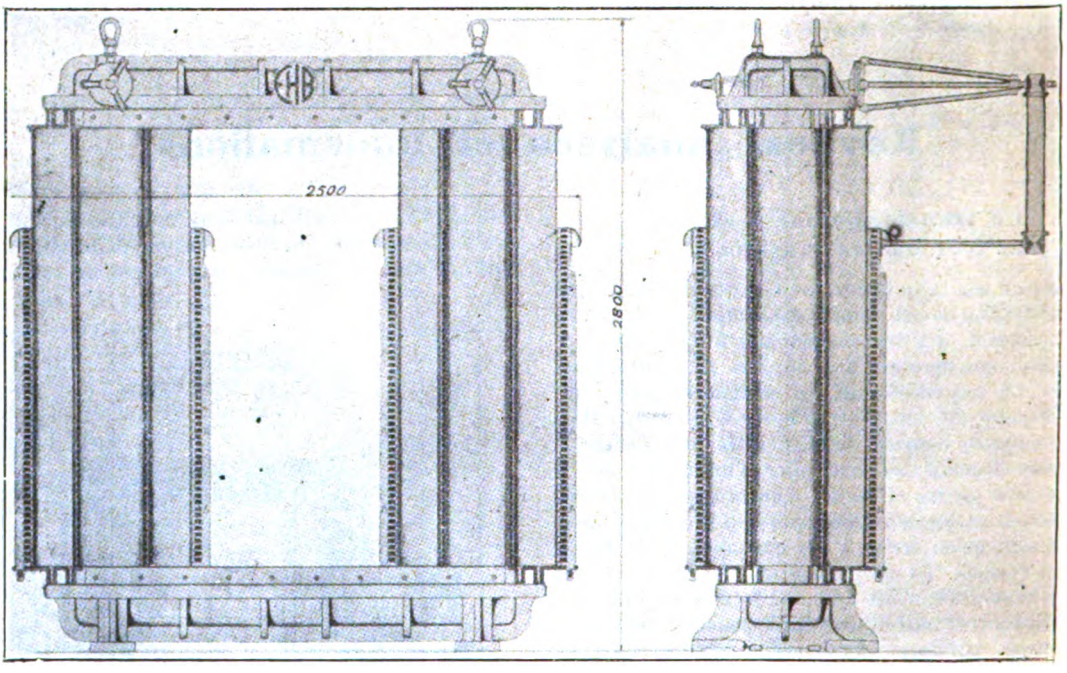


Fig. 2. — Coupes d'un transformateur à air pour 300 000 volts et des cylindres isolants entre lesquels est comprise la gaine d'air.

l'huile. Cela résulte de la plus grande distance entre les bobines primaires et secondaires du premier. Si l'on voulait réaliser pareil écartement entre enroulements haute et basse tension d'un transformateur dans l'huile, il faudrait une cuve plus grande et beaucoup plus d'huile; l'appareil serait donc plus lourd et plus coûteux. On ne saurait assez insister sur l'avantage qu'il y a, pour un transformateur d'essai, d'avoir une grande chute de tension : en cas de claquage de l'appareil essayé, le court-circuit fait aussitôt baisser la tension, automatiquement. 4. Le transformateur dans l'huile, en raison de sa capacité propre relativement grande, peut présenter une courbe de tension déformée, phénomène beaucoup moins apparent dans le transformateur à air, malgré sa grande dispersion. La capacité propre est plus grande avec le transformateur à huile parce que, dans ce dernier, les distances entre enroulements, d'une part, entre enroulements et masse, d'autre part, sont plus petites et aussi parce que le diélectrique huile a une constante plus grande que l'air.

La capacité propre du transformateur à air a été mise en évidence par les expériences suivantes, résumées par les courbes de la figure 3.

Ces courbes représentent en fonction de la tension d'alimentation primaire en volts (abscisses), l'une la variation du courant primaire, à vide; l'autre, la variation de cos φ. A la tension primaire de 432 v correspond la tension secondaire de 300 000 v. On remarquera que chacune de ces courbes est double. En effet, celles numérotées 1 correspondent au cas où l'enroulement haute tension n'est pas monté (pas de capacité). Celles numérotées 2 correspondent au cas normal où la haute tension est montée (capacité présente). On voit que la capacité fait croître le courant primaire et diminuer le déphasage primaire. Le courant primaire est augmenté de 14,5 pour 100. A titre de comparaison, nous rappellerons que, dans le transformateur à huile de Dina, pour la même tension primaire et 200 000 v au secondaire, le courant primaire à vide croissait de 33 pour 100, par suite de la pré-

Digitized by Google

sence des bobines secondaires. — 5. Un des non moindres avantages du transformateur dans l'air est la facilité de contrôle pendant la marche. Il est recommandé de placer ce transformateur dans un local isolé, où l'on puisse faire régner l'obscurité. Les moindres effluves sont alors visibles et audibles dès leur début. On pourrait craindre que ce transformateur ne soit sensible à la poussière et à l'humi-

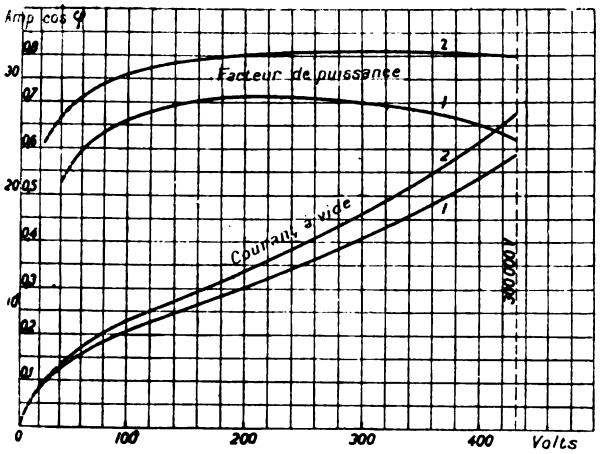


Fig. 3. — Variations, en fonction de la tension, du courant primaire à vide et du facteur de puissance à vide, 1, quand l'enroulement haute tension est supprimé ; 2, quand cet enroulement est mis en place.

dité. Des essais ont démontré sa qualité à cet égard. Du reste, il est pourvu, autant que possible, de surfaces lisses, pour éviter les dépôts de poussière.

Résultats de quelques essais. — La charge à vide, avec une tension primaire de 432 v, est d'environ 8 kw. Mais les tôles sont de qualité ordinaire, leur coefficient de perte est 3,6 watts. Il est vrai que la durée de l'essai a été courte. On obtiendrait une perte moindre, ou un échauffement moins rapide, en employant de meilleures tôles. Mais la question serait de savoir si l'économie de pertes compenserait l'amortissement de tôles plus chères. Un essai de 2 heures avec 500 v au primaire a donné une augmentation de température dans le fer de 40° C ; c'est une durée qui ne devra jamais être dépassée en pratique sans laisser l'appareil se reposer.

La facilité d'accès de l'enroulement à haute tension permit d'effectuer des essais de décharges brusques. A cet effet, le transformateur étant prêt à être mis en ordre de marche sans charge, les bornes haute tension furent mises en relation avec un système d'éclateur pointe-sphère réglé pour une tension déterminée, tandis que les spires étaient éprouvées individuellement au moyen d'un deuxième éclateur sphère-sphère. Dans un autre groupe d'essais, on avait placé en série, avec l'enroulement haute tension, un certain nombre de résistances en silit, mais qui fut supprimée dans un cas particulier. Les résultats sont consignés dans le tableau I.

Il est intéressant de rappeler que le transformateur travaille habituellement avec une résistance de 40 000 ohms en série, valeur très éloignée de celle de 300 000 ohms, que donne la règle, 1 ohm par volt, empruntée à la pratique américaine.

Tableau I.

Spires intéressées	Résistance intercalée (en ohms)	Surtension
Spires extrêmes...	0	6,3 fois la tension normale (calculée)
Id ...	40 000	3,6 id
Id ...	140 000	2,5 id
Autres spires.....	40 000	1,73 id

Tensions extrêmes obtenues. — La question des bornes de sortie isolées n'existant plus, la plus haute tension possible est limitée par la tension extrême entre enroulement et masse. La pratique fixe cette limite à 200 000 v, ce qui, avec le montage précité (milieu d'enroulement à la masse), donne 400 000 v entre bornes.

Le couplage en série des secondaires de plusieurs transformateurs avec mise en parallèle des primaires, n'est pas applicable. Car, relativement à la haute tension secondaire, le potentiel des primaires serait toujours voisin du potentiel de la masse et le dernier transformateur de la série aurait donc entre masse ou primaire, et le secondaire, la tension totale, ce qui est inadmissible.

Mais on peut, à l'aide d'un transformateur préélévateur de tension, en exciter un second par son secondaire même, suivant le montage de Dessauer et Petersen (fig. 4).

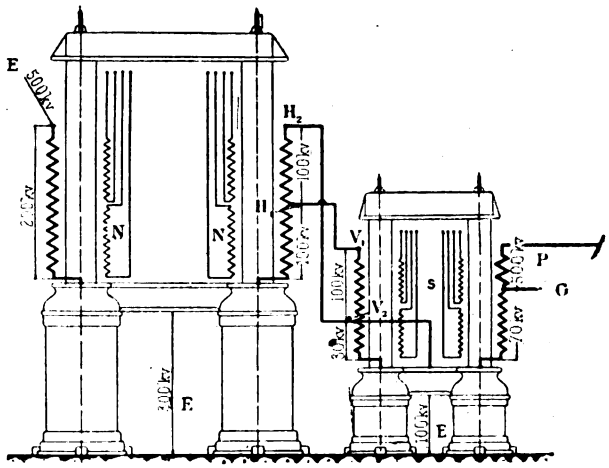


Fig. 4. — Connexions d'un transformateur et de son transformateur d'excitation.

Dans ce cas, seul le transformateur préélévateur reçoit une alimentation primaire.

Décrivons rapidement le groupe qui fonctionne au laboratoire d'essais de l'Association suisse des Electriciens, à Zurich : il se compose d'un transformateur, de 400 kilovolts en fonctionnement isolé, mais qui, accouplé avec son transformateur d'excitation donne 500 000 v entre bornes, et est isolé par rapport à la terre à 300 000 v. Le transformateur d'excitation, à droite est d'un modèle à 200 000 v isolé à 100 000. La partie P G de l'enroulement haute tension sert de primaire et est soumise à une tension d'alimentation de 500 v. En V_1 V_2 ce transformateur alimente par H_1 H_2 le transformateur principal.

Conclusion. — Considérant les éléments apportés à la technique par ce nouveau type de transformateur, on peut,

Digitized by Google

sans s'engager en des affirmations prématurées, remarquer qu'aucune difficulté insurmontable ne s'oppose à ce que l'on construise des transformateurs à l'air, à haute tension, à l'usage des transmissions d'énergie. — L. C.

Normalisation de la tension du rotor et des rhéostats de démarrage des moteurs asynchrones (1).

La tension aux bagues du rotor d'un moteur asynchrone est, pour un type de machine déterminé, indépendante de la tension d'alimentation du stator et régie seulement par le champ magnétique dû à la rotation et par le nombre de conducteurs du rotor. Or la valeur du champ magnétisant est fixée par les dimensions des pôles, mais il y a une certaine latitude dans le choix du nombre de conducteurs. Maintenant, si l'on se fixe d'avance l'obtention d'une tension donnée dans le rotor, il faut étudier les facteurs dont elle dépend. L'auteur ne s'appuie que sur les formules les plus simplifiés qui ne tiennent pas compte de la dispersion. Soient : e, la tension dans un rotor triphasé, mesurée à l'arrêt à circuit ouvert; i, l'intensité du courant dans le

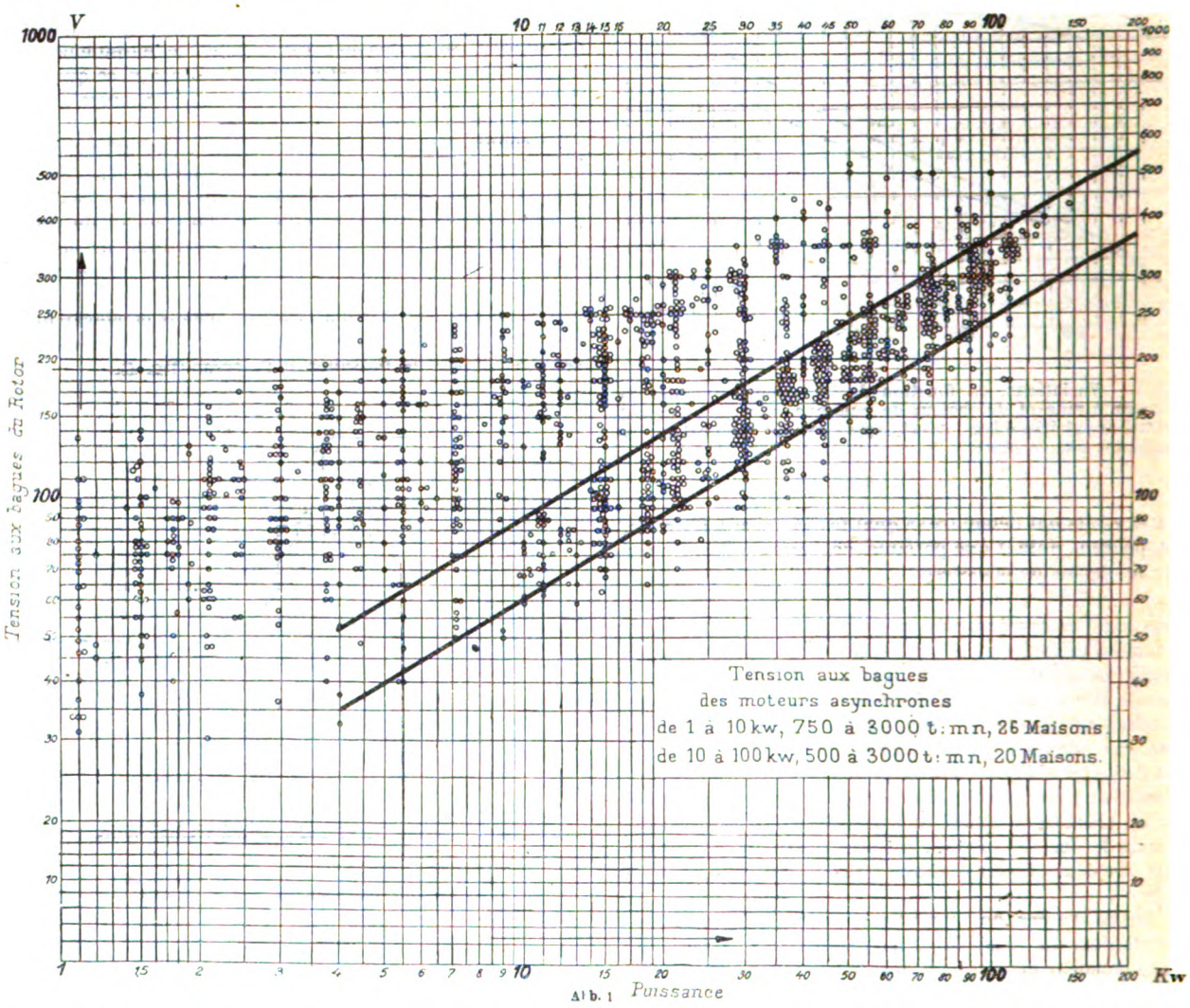


Fig. 1. — Tension aux balais des moteurs asynchrones en fonction de leur puissance, pour des moteurs de 1 à 10 kw, 750 à 3 000 t : mn construits par 26 maisons allemandes et pour des moteurs de 10 à 100 kw, 500 à 3 000 t : mn, construits par 20 maisons allemandes.

rotor; Φ_1, le flux magnétique total dans l'entrefer; n_s, le nombre de tours par seconde du champ tournant; Z, le nombre de conducteurs du rotor; R_0, la résistance totale d'une phase du rotor, y compris la résistance de démarrage normal en étoile ; M, le couple en mètres-kilogrammes g, le glissement; w, la puissance du moteur, en watts.

Nous avons les relations suivantes :

$$w = \sqrt{3}\, e\, i\, (1 - g), \qquad (1)$$

$$e = \sqrt{3}\cdot 1{,}11\cdot n_s\, \Phi_1 \cdot \frac{Z}{3}\cdot 10^{-8}, \qquad (2)$$

$$R_0 = \frac{e}{\sqrt{3}\, i} = \frac{k\, w}{3\, i^2 (1 - g)} = \frac{e^2 (1 - g)}{w}, \qquad (3)$$

$$M = \frac{w}{2\pi \cdot 9{,}81 \cdot n_s} = \frac{\sqrt{3}\, e\, i}{2\pi \cdot 9{,}81 \cdot n_s} = \frac{i Z \Phi_1\, 10^{-8}}{\sqrt{2} \cdot 4 \cdot 9{,}81}. \qquad (4)$$

(1) F. Blanc. *Elektrotechnische Zeitschrift*, 23 mars 1922, t. XLIII, p. 381-383, 2000 mots, 3 fig.

Digitized by Google

On voit, par l'égalité (3), que, si R_0 doit être fixe, il faut que e varie proportionnellement à $\sqrt{w}$. On ne peut donc utiliser une même résistance pour des moteurs de même diamètre, mais ayant une largeur de fer différente. A mesure que la fréquence du courant d'alimentation croît, n_s croît ainsi que L; R_0 augmente donc avec la fréquence. Par conséquent, une normalisation n'est possible que si la fréquence est fixée (50 p : s).

On s'imagine, d'autre part, qu'il est facile, pour un moteur donné d'une certaine puissance, d'obtenir telle tension que l'on désire, puisque l'on n'a qu'à choisir un nombre de conducteurs convenable. C'est là justement que réside la difficulté et c'est cette difficulté qui est cause que la tension rotorique des moteurs, quelle qu'en soit la provenance, ne présente aucune concordance. C'est ce qui ressort de la figure 1 dans laquelle on a porté en abscisses les puissances et en ordonnées, les tensions rotoriques pour des moteurs dont les puissances s'échelonnent de 1,1 à 150 kw et qui sont construits par 26 maisons allemandes.

Si, maintenant, nous voulons entreprendre la construction du rotor de façon à réaliser une série de tensions imposées, il faut, tout d'abord, que nous recherchions quels sont les moyens dont nous disposons pour choisir ou pour changer le nombre de conducteurs.

L'idée principale qui doit guider le constructeur est qu'une fabrication rationnelle exige l'utilisation jusqu'à l'extrême limite de l'espace disponible. Comme le rotor, en tant qu'organe intérieur, n'a qu'un faible périmètre pour l'enroulement et que les encoches, d'autre part, ne peuvent pas être trop profondes, il y a sur le rotor beaucoup moins de place pour loger l'enroulement que sur le stator. On ne peut donc choisir que des combinaisons d'enroulement permettant l'utilisation très poussée de la place disponible. En construction, on trouve deux genres bien différents d'enroulements : l'enroulement en barres et l'enroulement en bobines. Le premier n'utilise que des barres de cuivre de section rectangulaire, en petit nombre (1 à 4 par encoche).

Remarquons, à l'avance, que le bobinage n'est applicable qu'aux gros moteurs, car, pour les petits moteurs, la tension dans le rotor est faible, tandis que le courant y est relativement intense. Les contacts du démarreur et la section des câbles doivent, par conséquent, être calculés excessivement grands et la chute de tension dans les bagues risque d'être notable devant la tension induite : dès lors, le glissement est exagéré et le rendement défectueux. C'est pour cette raison que presque tous les petits moteurs ont aussi leur induit bobiné.

La figure 2 montre la forme d'encoches généralement adoptée pour loger un tel bobinage.

L'égalité (2) peut se transformer de manière à ne plus contenir que des facteurs mécaniques et un facteur magnétique. On pose

$$Z = N\frac{b}{h}a^2 = \text{nombre de conducteurs par encoche},$$

N étant le nombre d'encoches du rotor; a, le nombre de couches de fils dans l'encoche, par exemple 1, 2, 3; h, la profondeur des encoches et b, leur largeur. Soit

$$\Phi_1 = 2BDl,$$

où B représente l'induction dans l'entrefer, en supposant une répartition sinusoïdale du champ et D et l, le diamètre et la longueur du rotor, en centimètres; si, d'autre part, nous désignons par τ le pas des encoches, on peut écrire

$$N\tau = D\pi, \qquad \beta = \frac{b}{\tau}$$

et, finalement la tension s'exprime par la relation

$$e = \frac{n_s B l (a h N)^2}{\sqrt{6}\,\beta h\, 10^8}, \tag{5}$$

et la résistance du rotor, par

$$\sqrt{3}\,R_0 = \frac{e}{i} = \sqrt{3}\,\frac{e^2(1-g)}{w} \tag{6}$$

$$= \left(\frac{n_s B l a^2 h^2 N^2}{\beta h\, 10^8}\right)^2 \frac{1-g}{2\sqrt{3}\,w}.$$

Ces formules ne contiennent plus que des facteurs n'ayant, pour ainsi dire, aucune relation entre eux, déterminés par

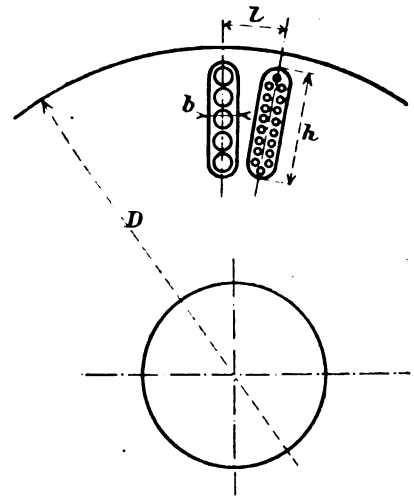


Fig. 2. — Disposition des enroulements dans les encoches des rotors bobinés.

des considérations purement mécaniques et dont la valeur est bien fixée. Seuls, les facteurs N et h peuvent être modifiés.

Mais le nombre d'encoches N est lié au nombre de phases et de pôles et, de plus, il ne doit pas être égal au nombre d'encoches du stator. Celui-ci est d'ailleurs presque invariable et ne change que par bonds.

Or, d'après la formule, e varie comme N^2, et on ne peut donc pas obtenir une légère variation de e en agissant sur N. Il ne reste plus que le facteur h, profondeur des encoches. Cette dimension est encore presque fixée, car elle est limitée d'un côté par la section du fer; de l'autre, par le minimum de cuivre indispensable pour l'enroulement. Ces difficultés ont amené la commission pour les moteurs à renoncer à toute normalisation de la tension des rotors, en sorte que le résultat de nos recherches est presque négatif.

Revenons, cependant, à l'égalité (6). Les constructeurs de rhéostats de démarrage tendent à utiliser, pour des moteurs de même puissance, le même appareil pour des vitesses n_s très différentes. Ils devraient encore arriver à employer le même rhéostat pour des puissances variées.

Digitized by Google

Le principe directif que l'on doit adopter pour atteindre ce résultat n'est pas bien visible d'après l'égalité (6). Il ne reste donc qu'à utiliser les quelques moyens, d'ailleurs assez limités, qui permettent une légère variation, de façon à normaliser la tension dans un intervalle plus ou moins étendu. Parmi eux, on trouve le couplage des bobines ou des fils en parallèle ou en série, puis le montage des phases en étoile ou en triangle.

La figure 3 montre dans quelles limites la maison Siemens-Schuckert a maintenu la valeur $\sqrt{3}\ R_0 = \frac{e}{i}$ pour les divers moteurs qu'elle construit. Les différences sont encore

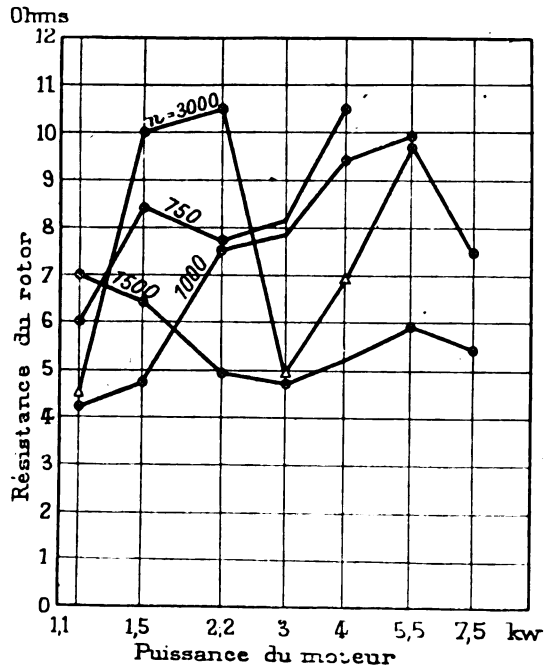


Fig. 3. — Variation de la résistance du rotor en fonction de la puissance pour des moteurs asynchrones ouverts

sensibles et, pour un même type, peuvent varier dans le rapport de 1 à 2,1. La figure montre de plus qu'il paraît possible, en resserrant un peu les limites supérieure et inférieure, d'atteindre le résultat désiré.

Le tableau suivant donne les tensions du rotor et les résistances que l'on peut admettre généralement :

Tableau I.

Puissance, en kilowatts.....	1,1	3	5,5	11
Tension e en volts / limite supérieure...	90	140	190	250
Tension e en volts \ limite inférieure....	55	85	110	150
Résistance $\sqrt{3}\ R_0$ en ohms / limite supérieure..	12	11	10	9
Résistance $\sqrt{3}\ R_0$ en ohms \ limite inférieure....	4,5	4	3,5	3,5

On voit que la tension, d'une limite à l'autre, croît à peu près comme $\sqrt{w}$; donc R_0 étant proportionnel à $\frac{e^2}{w}$ doit être constant.

La normalisation des démarreurs n'est naturellement utile que pour les moteurs asynchrones ouverts. Les conditions ne sont plus les mêmes pour les moteurs enfermés. On remarque que, généralement, pour ces derniers, le champ magnétique et surtout la puissance atteignent des valeurs moins élevées que pour les autres. En prenant des valeurs numériques, on peut dire que, pour un moteur enfermé, la tension tombe à 85 pour 100, par rapport au moteur ouvert; que la puissance n'est plus que 40 à 70 pour 100 de celle du moteur ouvert.

La variation de la résistance est donc de

$$\frac{0{,}85^2}{0{,}7} = 1{,}04 \quad \text{à} \quad \frac{0{,}7^2}{0{,}4} = 1{,}22.$$

La résistance à donner à un démarreur de moteur enfermé n'est donc guère différente de celle convenant à un moteur ouvert.

On voit donc qu'une réglementation trop stricte des résistances de démarrage n'est pas possible et qu'il faut se contenter de fixer des limites entre lesquelles cette résistance peut varier. Les constructeurs devraient établir leurs modèles de manière à rester dans l'ordre des grandeurs indiquées. Il serait alors peut-être possible, plus tard, de restreindre encore les limites proposées et d'arriver à ne plus retenir que deux valeurs de résistances qui conviendraient, l'une ou l'autre, à tous les moteurs asynchrones à rotor bobiné. — B. H.

Echauffement des moteurs de traction en service et en essais de plate-forme (1).

On a reconnu pratiquement impossible d'adopter un essai ou une série d'essais qui soient le critérium du fonctionnement d'un moteur de traction. Pour ces charges intermittentes, la meilleure méthode de spécification doit être basée sur la capacité de surcharge, ou capacité thermique, du moteur et sur son timbrage en marche continue. Ainsi, les règles de l'American Institute of Electrical Engineers disent que le timbrage nominal d'un moteur de traction est la puissance que le moteur peut fournir pendant une heure sans que l'échauffement, mesuré au thermomètre à la fin de l'essai, dépasse 90° C au collecteur et 75° C aux autres parties normalement accessibles. Avec cet essai de courte durée, la plus grande partie des pertes caloriques s'accumulent dans le moteur, de sorte que ce timbrage nominal est en quelque sorte une mesure de la capacité calorique de la machine.

Le timbrage en marche continue est défini comme le débit en ampères que peut recevoir le moteur continuellement sous des tensions égales respectivement à la moitié, aux trois quarts et à la totalité de la valeur normale sans que l'échauffement dépasse 65° C d'après le thermomètre (85° C d'après la résistance) pour les isolants de la classe A (coton, soie ou papier imprégnés) et 80° d'après le thermomètre (105° C d'après la résistance) pour les isolants de la classe B (matières pouvant résister à des températures élevées comme le mica et l'amiante).

Ainsi le timbrage en marche continue mesure l'aptitude du moteur à dissiper la chaleur.

Au point de vue de la ventilation, il y a trois catégories de moteurs de traction : complètement enfermés, à ventilateur propre, à ventilation séparée. Les premiers sont ceux dont l'enveloppement est tel qu'il empêche la circulation de l'air entre l'intérieur et l'extérieur de la carcasse, sans cepen-

(1) G.-E. Lucke. *Journal of the A. I. E. E.*, mars 1922, t. XLI, p. 165-173; 7 500 mots, 7 fig., 1 tab.

Digitized by Google

dant qu'ils soient étanches à l'air ; les moteurs à ventilation propre sont ceux où l'air de refroidissement est fourni par un ventilateur faisant partie intégrante de la machine ; les moteurs à ventilation séparée sont ceux dont le ventilateur est indépendant et extérieur à la machine.

Timbrage unihoraire. — Le tableau I indique la répartition des pertes dans quatre types de moteurs au timbrage unihoraire et au timbrage continu. Ce timbrage unihoraire est destiné, comme on l'a dit, à donner la mesure de la capacité calorique du moteur. Il faut pour cela que le moteur n'émette pas de chaleur, condition qui est à peu près réalisée dans les moteurs complètement enfermés, où la chaleur que dissipent les parties extérieures par rayonnement et convection dépasse rarement 10 pour 100 de la perte totale.

Tableau I. — *Distribution et dissipation des pertes dans les moteurs de traction.*

SYSTÈME DE VENTILATION		MOTEUR ENFERMÉ		MOTEUR A VENTILATION PROPRE				MOTEUR A VENTIL. SÉPARÉE (1)	
Constantes	Durée	1 heure	continue	1 heure	continue	1 heure	continue	1 heure	continue
	Tension, en volts	600	450	600	450	600	450	600	450
	Puissance, en chevaux	60		65		25		200	
	Intensité, en ampères	88	36	95	60	37	35	280	220
	Vitesse, en t : mn	700	527	700	638	1 225	950	670	550
Poids du moteur, en livres (2)		3 250		2350		870		5 200	
Poids de l'induit		615		615		225		1 700	
Pertes totales dans l'induit, en watts (fer, cuivre, balais et 1/2 des pertes par frottement et résistance de l'air).		3 534	1 369	3 880	1 920	1 931	1 493	8 970	5 310
Pertes dans le cuivre des inducteurs, en watts		1 825	306	2 360	950	650	580	4 600	2 900
1/2 des pertes par frottements et résistance de l'air, en watts		300	400	325	280	220	155	900	700
Pertes totales dans le moteur		5 659	2 075	6 565	3 150	2 801	2 228	14 560	8 910
Pertes par livre du moteur, en watts		2,41	0,88	2,79	1,34	3,22	2,56	2,80	1,71
Répartition des pertes :									
Taux pour 100 absorbé		81,4	0	81,6	0	57,5	0	69,0	0
Taux pour 100 dissipé par la carcasse		10,8	100	4,6	62,0	12,5	45,0	4,9	14,3
Taux pour 100 emporté par l'air de ventilation		7,8	0	13,5	38,0	30,0	55,0	26,1	85,7

(1) Ventilation séparée dans la marche continue seulement.
(2) 1 livre = 0,453 kg.

Pour les moteurs à ventilation propre, les pertes, dans l'essai d'une heure, s'accumulent dans le fer et le cuivre, sont emportées à travers le moteur par l'air de circulation et dissipées par l'enveloppe par rayonnement et convection. Le tableau I montre que 81 pour 100 environ de la perte totale s'accumulent dans la machine pour les deux premiers moteurs, tandis que pour les deux derniers, mieux ventilés, ce taux est 57,5 et 69 pour 100. Ceci montre que le timbrage unihoraire n'est pas une véritable indication de la capacité calorique du moteur, puisque le taux pour 100 de perte calorique qui s'accumule dans le moteur pendant cet essai est fonction de la ventilation.

En marche continue, toutes les pertes caloriques du moteur doivent être transmises à l'air environnant ; ce timbrage n'est donc pas affecté par la capacité d'accumulation de chaleur du moteur. Dans un moteur complètement enfermé, les pertes totales sont transmises à la carcasse et sont alors dissipées par rayonnement et convection. L'échauffement de la carcasse est à peu près proportionnel aux watts qu'il faut dissiper par décimètre carré, tandis que la chaleur dissipée par la carcasse correspond à une perte de 0,013 w par pouce carré de surface et par degré d'échauffement (0,2 w par décimètre carré de surface et par degré d'échauffement) (1). C'est une valeur moyenne tirée d'un grand nombre d'essais. Pour une vitesse du véhicule égale à 10 miles par heure (16 km : h), la constante ci-dessus est à peu près doublée. La chute de température interne entre l'induit et le cadre est fonction de la surface de ventilation et de la ventilation interne. Il est évident que la ventilation qui s'exerce extérieurement sur la carcasse ne peut pas affecter cette chute de température interne. L'échauffement de l'extérieur de la carcasse en marche continue est environ 60 pour 100 de l'échauffement interne qu'on mesure au thermomètre dans les essais de plateforme. Le timbrage d'un moteur enfermé est limité par ce faible écoulement de chaleur par la carcasse et par le gradient de température nécessaire pour que la perte dans l'induit soit transmise à l'air intérieur et ensuite à la surface interne de la carcasse. Pour les moteurs enfermés, timbrés en marche continue, le poids par cheval augmente avec les dimensions du moteur. On peut le voir par le fait que, si on double les dimensions du moteur, la surface extérieure ventilée devient quatre fois plus grande, tandis que le poids devient huit fois plus grand.

Quand on fait circuler de l'air à travers un moteur par ventilation propre ou par ventilation séparée, l'effet est double. Il y a baisse de température de l'air intérieur, et, pour une perte donnée, il y a diminution du gradient de température entre la surface de ventilation et l'air intérieur. On peut réduire cette chute de température à une très faible valeur par la ventilation séparée, mais la chute de température dans l'isolant existe toujours. Cette différence de température entre le cuivre et la surface de ventilation est la limite du degré de ventilation qui est économiquement réalisable. Ainsi le tableau I montre que le petit moteur de 25 ch à ventilation propre, dans l'essai en marche continue, peut dissiper 2,56 w par livre de moteur (5,65 w par kilogramme de moteur), tandis que le gros moteur de locomotive (isolé pour 1 500 v), avec ventilation séparée, ne peut dissiper que 1,71 w par livre (3,78 w par kilogramme) pour un même échauffement du cuivre. Ceci est dû à la grande chute de température interne dans les enroulements et l'isolant du gros moteur, chute qui est indépendante de la ventilation.

(1) 1 pouce carré = 0,0645 décimètre carré.

Digitized by Google

Prédétermination de l'échauffement en marche discontinue. — Pour appliquer un moteur de traction à un service donné, la méthode usuelle est d'évaluer la racine des carrés moyens du courant ou intensité efficace, nécessaire d'après les conditions qu'on connaît. Le moteur doit avoir un timbrage de marche continue au moins égal à ce courant moyen. Ce timbrage étant connu, l'échauffement moyen en marche peut s'évaluer d'après la valeur du courant ci-dessus. En raison de l'irrégularité de la charge, il faut voir si le moteur a une capacité de surcharge, ou calorique, suffisante pour supporter les pointes sans échauffement excessif. Cette prédétermination de l'échauffement en marche discontinue est un problème très difficile, dont la solution exacte est pratiquement impossible. Voici une solution approchée et relativement simple. Elle est basée sur l'hypothèse que les pertes calorifiques et la ventilation sont uniformément réparties dans le moteur. Sans être absolument correcte, elle est pratiquement admissible parce que les pertes caloriques se répartissent par conduction, à un certain degré, dans le fer et dans le cuivre.

Perte d'énergie totale = énergie accumulée + énergie dissipée.

La solution de cette équation est donnée dans un appendice. On arrive aux équations finales suivantes :

$$t = 2{,}3\, t_1 \log_{10} \frac{T_c - T_s}{T_c - T_t}, \qquad (1)$$

ou, sous une forme équivalente,

$$T_t = T_c - (T_c - T_s)\, e^{-\frac{t}{t_1}}; \qquad (2)$$

e est la base des logarithmes népériens (2,718); t, la durée de la charge en heures; T_s, l'échauffement au-dessus de la température ambiante au départ (degrés C); T_t l'échauffement à la fin du temps t; T_c, l'échauffement final en marche continue (1) et W, la perte dans le moteur ou dans telle

$$T_c = \frac{W}{S_e r K_e + \dfrac{V S_i K_i}{V + 0{,}9\, S_i K_i}}. \qquad (3)$$

partie considérée en watts; S_e, la surface extérieure de la carcasse du moteur en pouces carrés (2).

On peut l'évaluer en considérant le moteur comme un cylindre plein;

K_e, dissipation de chaleur par la surface extérieure, en watts, par pouce carré et par degré C égale 0,13 environ quand la carcasse est immobile;

r, rapport de l'échauffement de la carcasse extérieure à l'échauffement interne. Ce rapport est fonction du degré de ventilation du moteur. Sa valeur est d'environ 0,60 pour les moteurs enfermés, 0,50 pour les moteurs à ventilation propre, 0,20 à 0,30 pour les moteurs à ventilation séparée;

V, volume d'air qui traverse le moteur, en pieds cubes par minute (3);

S_i, surfaces internes de ventilation du moteur qui viennent en contact avec la circulation d'air, en pouces carrés;

K_i, convection de chaleur de la surface ventilée à l'air, en watts par pouce carré de surface et par degré C de différence de température entre la surface ventilée et l'air adjacent. On détermine cette valeur par la vitesse de l'air, la direction de son mouvement par rapport à la surface, et la nature de la surface.

La figure 1 représente une courbe donnant une valeur moyenne de cette constante : on l'a obtenue par de nom-

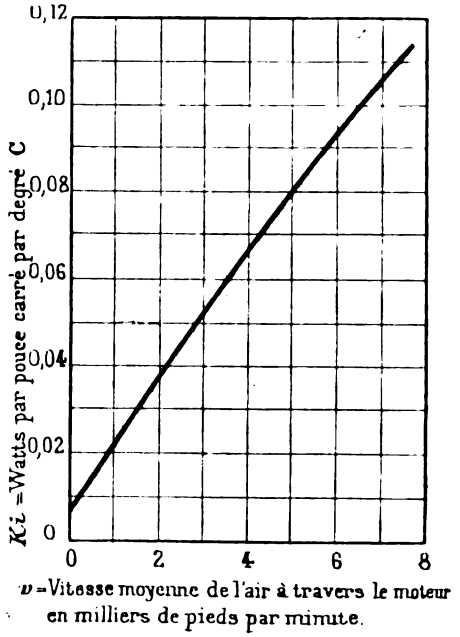


Fig. 1. — Dissipation de chaleur par la surface (en watts par pouce carré de surface et par degré C de différence entre la température de la surface et celle de l'air).

breux essais sur des machines réelles et sur des appareils expérimentaux.

Il est incorrect d'employer l'équation (3) ci-dessus pour les moteurs à ventilation propre où les volumes d'air V sont relativement faibles. Dans ces conditions, la constante de convection de chaleur K_i est déterminée plutôt par la vitesse périphérique de l'induit que par la vitesse de l'air à travers le moteur. Quand on emploie la ventilation séparée, la dissipation de chaleur est pratiquement indépendante de la vitesse de l'induit; dans ce cas, l'équation ci-dessus est applicable.

Pour les moteurs à ventilation propre, la valeur de l'échauffement en marche continue T_c doit être basée sur des résultats d'essais. Cette valeur est ordinairement connue pour deux vitesses, celles qui correspondent à 300 et 450 t. Si l'on trace la courbe des pertes en watts par degré d'échauffement, $W : T_c$, en fonction de la vitesse angulaire de l'induit, les points se placent à peu près en ligne droite, comme le montre la figure 2.

La valeur de cette constante pour une vitesse nulle est à peu près égale à 0,006 fois la valeur de la surface externe du moteur. Si l'on ne considère que l'induit, la valeur de $W : T_c$ est à peu près égale à 0,003 fois la surface extérieure du moteur, l'induit étant immobile. Il suffit donc d'un essai donnant un autre point pour déterminer la ligne droite.

Dans l'équation

$$t_1 = 0.06 \frac{(P_a + r P_i)}{W} T_c, \qquad (4)$$

(1) Ces températures sont les valeurs superficielles moyennes qu'on relève sur le noyau de fer.
(2) 1 pouce carré = 6,45 cm².
(3) 1 pied cube = 28,3 litres.

Digitized by Google

t_1 est la constante calorifique de temps du moteur, c'est-à-dire la durée en heures nécessaire pour élever la température du moteur de T_c degrés C, pour une perte W et sans ventilation, toute l'énergie étant donc absorbée dans le moteur;

P_a, le poids en livres (0,453 kg) des parties du moteur où des pertes prennent naissance;

P_i, poids en livres des parties du moteur où il ne se produit pas de pertes, par exemple la carcasse et les logements d'extrémités d'arbre.

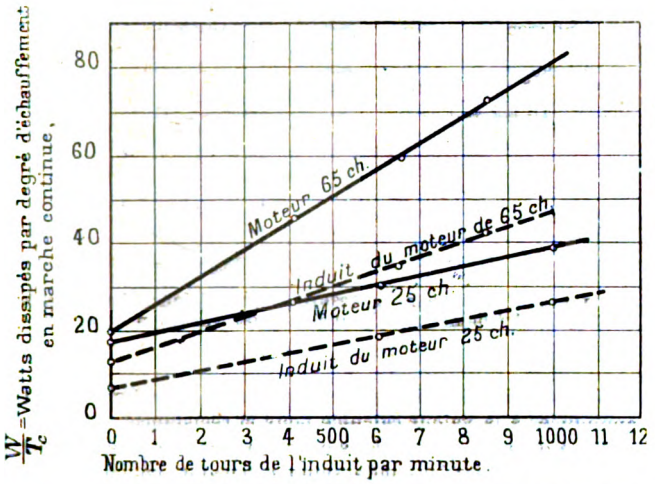


Fig. 2. — Perte de chaleur (en watts par degré C d'échauffement) dissipée à différentes vitesses aux puissances de timbrage en marche continue par le moteur et par l'induit.

Cette constante t_1 peut aussi se déterminer par des essais. Il faut faire un essai de température pour la marche continue et un pour la marche de courte durée. En substituant dans les équations (1) ou (2), on aura la valeur de t_1.

Méthode d'application. — A titre d'exemple, soit à calculer la courbe d'échauffement d'un moteur à faible vitesse de 75 ch, à ventilation séparée, fournissant 800 pieds cubes (22 600 litres) d'air par minute, la charge étant de 90 A sous 600 V. Cherchons d'abord l'échauffement de surface final T_c avec la perte W, d'après l'équation (3)

$$T_c = \frac{W}{S_e r K_e + \frac{V S_i K_i}{V + 0{,}9\, S_i K_i}}$$

où les grandeurs ont les valeurs suivantes :

W, 6 610 w (total des pertes du moteur);

S_e, 4 740 pouces carrés (surface extérieure de la carcasse);

r, 0,30 (rapport de l'échauffement de la carcasse à l'échauffement de la surface interne).

K_e, 0,013 (dissipation de la chaleur par la carcasse en watts par pouce carré par degré C);

V, 800 pieds cubes par minute (volume d'air);

S_i, 5 460 pouces carrés (surface de ventilation interne);

r, 2 070 pieds par minute (1 pied = 30,5 cm) (vitesse moyenne de l'air à travers les canaux de ventilation du moteur);

K_i, 0,038 (constante de dissipation de chaleur, fig. 1).

En substituant ces nombres dans l'équation ci-dessus, on trouve pour l'échauffement final $T_c = 35{,}5$°C.

La constante calorifique de temps, équation (4) est :

$$t_1 = \frac{0{,}06\ (P_a + r P_i)\ T_c}{W},$$

où le poids de matière active $P_a = 1\,780$ livres et le poids de matière inactive $P_i = 1\,850$ livres. Avec les valeurs de r_1, T_c et W données comme ci-dessus, on trouve $t_1 = 0{,}774$. Donc, connaissant l'échauffement initial T_s, on connaîtra l'échauffement à la fin d'un temps t quelconque d'après l'équation (1), où

$$t = 2{,}3\ t_1 \log_{10} \frac{T_c - T_s}{T_c - T_t}.$$

Ces valeurs sont représentées par les courbes de la figure 3 qui donne aussi les résultats trouvés par des essais.

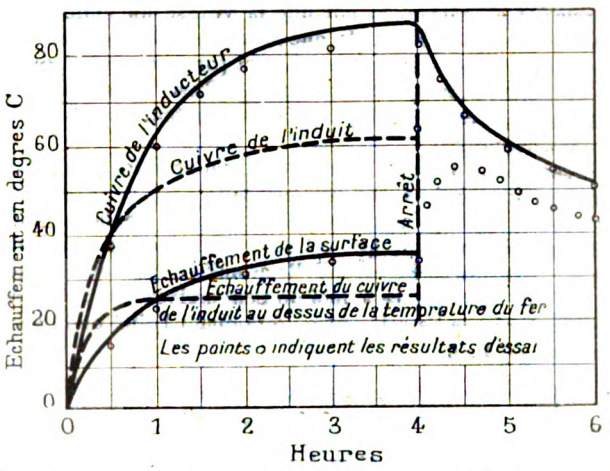


Fig. 3. — Courbe d'échauffement d'un moteur de traction à courant continu de 75 ch à 600 V. Ventilation forcée; charge: 90 A, sous 600 V; les courbes sont celles qui résultent du calcul

L'auteur indique, en outre, comment on peut trouver l'échauffement du cuivre de l'induit et du cuivre des inducteurs au moyen d'autres formules données dans l'appendice.

Conclusions. — 1° La limite de température est le facteur prédominant dans l'emploi des moteurs de traction. Cette limite est la température maximum du point le plus chaud aux pointes de charge.

2° Le cuivre de l'induit n'a qu'une capacité calorifique relativement faible, ce qui peut causer de forts gradients de température internes aux charges de courte durée.

3° Le rapport du timbrage unihoraire au timbrage en marche continue approche de l'unité à mesure qu'on augmente la ventilation du moteur.

4° Il est incorrect d'appliquer un moteur ventilé à un service intermittent en se basant sur la valeur efficace du courant, si l'on ne tient pas compte de la température interne maximum pour la pointe de charge.

5° C'est à la température interne maximum qu'est due la première avarie à l'isolant. C'est donc sur cette température que doivent être basées les timbrages des moteurs et non sur la température superficielle indiquée par le thermomètre.

6° Il n'y a pas de relation déterminée entre le maximum de température interne et la température de surface relevée au thermomètre. Cette relation est affectée par l'épaisseur d'isolant, le degré de ventilation, la durée et la grandeur de

Digitized by Google

la charge, les dimensions et l'accessibilité des enroulements du moteur.

7° Les couples thermo-électriques sont le meilleur moyen d'obtenir ces températures maxima. On peut aussi les évaluer d'après la résistance maxima à chaud des enroulements, mais cette dernière mesure demande un travail très rapide et exact.

Il faut connaître pour toutes les valeurs de charge les caractéristiques calorifiques du moteur, telles que les rapports des températures thermométriques aux températures des couples thermo-électriques, afin d'évaluer les températures internes d'après les indications du thermomètre.

8° Le timbrage nominal tel qu'il est défini par les règles de l'American Institute of Electrical Engineers et appliqué aux moteurs de traction à ventilation propre, est illusoire, puisque l'essai qu'il spécifie doit se faire dans des conditions de ventilation anormales en raison de l'enlèvement des couvercles et en raison du fait que la vitesse du moteur est ordinairement plus grande que la vitesse moyenne en service. Il en résulte que cet essai n'est pas une vraie mesure de la capacité calorique du moteur. C'est seulement une mesure de la capacité de surcharge du moteur dans les conditions données.

Il serait plus logique de faire cet essai dans les conditions de ventilation qui existent en service.

L'auteur croit néanmoins que la mesure de la capacité calorique du moteur, qui est la destination primitive de l'essai unihoraire, est essentielle et doit se faire aussi exactement que possible, ce à quoi on peut arriver soit en réduisant la durée de l'essai, soit en diminuant l'effet de la ventilation. — P. L.

Résistance et capacité des bobines en haute fréquence (1).

On peut mesurer la résistance des circuits à haute fréquence au moyen de trois méthodes principales : méthode du pont à courant alternatif, méthode de la variation de la résistance et, enfin, méthode de la variation de réactance. La méthode du pont offre l'avantage d'être une méthode dite « de silence » et l'auteur l'a employée avec succès pour des fréquences allant jusqu'à 500 000 p : s ; au delà de ces fréquences la précision des mesures devient douteuse.

Pour les fréquences de l'ordre du million ou plus, les méthodes de variation de réactance et de variation de résistance donnent de bons résultats.

Dans la méthode de variation de résistance, la plus directe et la plus précise des trois, on excite le circuit dont on veut mesurer la résistance, par couplage avec une source de fréquence variable (fig. 1.) Au moyen du condensateur variable C, le circuit à essayer est amené à la résonance avec la fréquence primaire ; puis, sur l'ampèremètre à thermo-couple B, on lit la division sur laquelle s'arrête l'index lorsque la résonance est atteinte. La résistance non inductive R est alors augmentée d'une quantité connue, et l'on fait une nouvelle lecture de B. A l'aide d'une formule simple, l'on en déduit la résistance du circuit. Le procédé le plus simple consiste à augmenter R jusqu'à ce que le courant soit réduit à la moitié de son ancienne valeur ; cette valeur de R est la valeur de la résistance du circuit. Si les résistances de B et C sont connues, la résistance de la bobine L s'en déduit immédiatement.

En employant cette méthode, il est nécessaire que la tension induite dans le circuit à vérifier soit la même pour les deux lectures. Or, on prend moins d'énergie à la source excitatrice après l'augmentation de R qu'avant ; il en résulte, en général, une modification du courant de la source excitatrice (et peut-être de la fréquence), de sorte que la tension induite dans le circuit d'essai après l'augmentation de R est plus grande qu'avant. Les lectures de A devront donc être

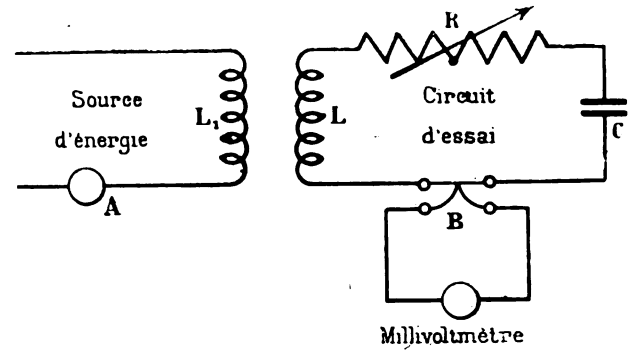


Fig. 1. — Montage pour la mesure de la résistance des bobines en haute fréquence, par la méthode de variation de la résistance.

notées pour les deux lectures de B, et des corrections seront appliquées à la valeur calculée pour la résistance.

Il y a d'autres précautions encore à prendre pour obtenir de bons résultats : les condensateurs devront avoir une résistance négligeable, le couplage sera très lâche, des écrans protecteurs seront prévus contre les effets de potentiel.

L'auteur, dans ses mesures, employait un oscillateur à tube à vide de 10 w. La précision de ses mesures atteignait 0,1 ohm. Au moyen de la méthode de la résistance additionnelle que nous venons de décrire, l'auteur a vérifié les variations de résistance des bobines, de la fréquence 0 à la fréquence 500 000 p : s. Il a trouvé que la résistance augmente, d'abord assez, vite avec la fréquence pour les faibles fréquences ; cette augmentation se ralentit, ensuite, pour les fréquences voisines de 200 kilopériodes par seconde : elle redevient rapide pour les fréquences très élevées.

Il compare, ensuite, au point de vue résistance, les fils pleins et les fils divisés. Les fils pleins sont moins résistants aux hautes fréquences, mais ils le sont davantage aux basses fréquences. Contrairement à ce que l'on aurait pu supposer, les fils divisés sont assez peu avantageux, surtout pour les hautes fréquences. Cela serait dû aux pertes dans le diélectrique employé pour isoler les fils les uns des autres.

De nombreuses courbes sont données pour des bobines de types différents. On y trouve également l'effet des prises, des bouts morts, des bobines voisines, de l'humidité, de la gomme laque, etc... sur la résistance et la capacité des bobines. Il devient facile, à l'aide des courbes données par l'auteur, de déterminer la résistance d'un groupe récepteur, pour toute longueur d'onde. C'est ainsi qu'une petite antenne de 0,0003 microfarad, destinée à recevoir une onde de 300 m de longueur, nécessitera une inductance de 84 microhenrys et, pour 600 m, de 336 microhenrys.

Avec une antenne de 0,0001 microfarad, la résistance du circuit dans l'appareil récepteur, de la borne antenne à la borne terre, varie de 250 à 600 ohms.

La résistance d'un appareil ordinaire monté sur meuble, avec commutateurs, condensateurs, variomètres... est de cinq à dix fois celle d'une bobine simple, sans prises, ayant l'inductance exacte nécessaire pour l'accord. On voit à quel prix l'on paye la facilité de réglage et la souplesse de fonctionnement. — G. M.

(1) J.-H. Morecroft. *Proceedings of the Institute of Radio Engineers*, août 1922, t. X, p. 261-289, 6 700 mots, 20 fig.

Digitized by Google

SECTION ÉCONOMIQUE & FINANCIÈRE

La Société des Nations

Les travaux de la Société des Nations ne sauraient laisser indifférents les industriels. Parmi les questions qui lui ont été soumises, plusieurs présentent un intérêt considérable pour le développement économique des nations qui en font partie; de plus, l'un de ses deux organismes permanents, le Bureau international du Travail, a pour tâche d'étudier et, si possible, de résoudre un des problèmes vitaux de toute industrie et de tout commerce : la fixation des principes devant servir de bases aux relations entre employeurs et employés; en outre, dans sa dernière session, la Société des Nations a institué une commission, la Commission de Coopération intellectuelle, spécialement chargée des questions qui concernent le travail intellectuel. Aussi nous a-t-il paru utile, au moment où viennent d'avoir lieu la troisième Assemblée de la Société des Nations et la quatrième Conférence internationale du Travail, de donner un aperçu du fonctionnement de la Société des Nations et de ses divers organismes. Dans l'article qui suit, l'auteur, après avoir rappelé que l'idée de la création d'une société des nations avait été depuis longtemps envisagée par nos gouvernants et nos philosophes, indique comment la Société des Nations issue du Traité de Versailles est actuellement constituée et signale brièvement les principaux travaux quelle a déjà effectués. Il mentionne ensuite les fonctions administratives dont elle est chargée, les formes de son action pour le maintien de la paix et son rôle dans la reconstitution économique et financière du monde. Il expose alors l'organisation intérieure des grands rouages de la Société, le Secrétariat général et le Bureau international du Travail, en insistant plus particulièrement sur ce dernier. Dans ses conclusions il indique les grandes lignes d'un programme élaboré par certains hommes d'Etat et qui permettrait à la Société des Nations de réaliser sa mission intégrale : organisation générale des rapports internationaux à la fois aux divers points de vue économique, intellectuel et politique.

Qu'est-ce que la Société des Nations? Quelle œuvre a-t-elle déjà accomplie comme organe de reconstitution internationale?

Quelle influence peut-elle exercer au point de vue économique et social? Telles sont les questions que nous nous proposons d'envisager, sans qu'il soit nécessaire d'en souligner longuement l'importance.

Si l'on s'efforçait de déterminer les origines lointaines du « Pacte » inséré dans le traité de Versailles, on verrait la France occuper une place éminente dans les tentatives s'inspirant du même esprit. Les précurseurs du président Wilson se sont appelés, en effet, Henri IV et Sully, avec leur « Grand Dessein », Fénelon, Montesquieu, l'abbé de Saint-Pierre, J.-J. Rousseau, Condorcet, Mably, Volney, tous hantés, avec des diversités d'expression conformes à leurs tempéraments ou génies respectifs, par le problème impérieux de la paix perpétuelle! Plus près de nous, les systèmes philosophiques et politiques de Saint-Simon, Fourier, Pierre Leroux, Proudhon, Pecqueur se meuvent dans le même ordre de recherches (1).

(1) Voici ce qu'écrivait, en 1792, Rabaut-Saint-Etienne, président de l'Assemblée nationale :

« Les peuples sont aux peuples ce qu'un homme est à un homme, des frères qui ont des droits et des devoirs réciproques. La Déclaration des droits des nations est la même que la Déclaration des droits de l'homme : *Liberté, sûreté, propriété, égalité et résistance à l'oppression*, voilà le droit public.

« Cette vérité est prématurée, mais c'est une vérité ».

Pour la première fois nous voyons aboutir à une organisation de fait ce qui, depuis des siècles, restait à l'état de spéculations, toujours fascinantes, mais, semblait-il, reculant dans les nuages chaque fois qu'on croyait enfin les condenser en institutions vivantes et en réalités durables.

I. Définition et principes généraux. — Composition. — Le nom même de Société des Nations aide d'emblée à la définir. Il s'agit d'une association, au sens du droit commun. Toute association groupe deux ou plusieurs personnes qui conviennent de mettre en commun d'une manière permanente des connaissances, des travaux, des activités déterminés (voir loi du 1er juillet 1901 relative au contrat d'association, art. 1). Transposez ces données des individus aux collectivités et vous avez la Société des Nations, association de peuples convaincus que leur intérêt bien entendu consiste à coordonner l'exploitation de leurs ressources et à vivre en coopération. Si des différends surgissent entre eux, un tribunal les entendra et jugera la cause, comme les tribunaux actuels rendent la justice entre particuliers. Une force publique internationale, entretenue à frais communs par les nations adhérentes, assurera l'exécution des décisions de ce tribunal.

Actuellement ces nations, membres de la Société, sont au nombre de 51. Elles disposent d'organes à fonctionnement régulier et périodique : le conseil, l'assemblée, les commissions, les conférences, et de

Digitized by Google

deux organes permanents : le secrétariat général, le bureau international du travail. C'est l'ensemble de ces institutions qui donne à la Société des Nations sa physionomie particulière, son individualité nettement originale.

Le Conseil. — Le Conseil remplit les fonctions de pouvoir exécutif. Il est formé théoriquement de neuf membres, dont cinq permanents, appartenant aux grandes puissances alliées, et quatre autres renouvelables suivant des modalités déterminées et élus par l'Assemblée.

Le Conseil a tenu ses premières sessions dans diverses capitales : depuis cette année, il les tiendra uniformément à Genève même, siège de la Société. La périodicité dépend de l'abondance des matières soumises à ses délibérations. Il y a lieu de prévoir que celles-ci iront toujours croissant et qu'une périodicité régulière, soit bimestrielle, soit au moins trimestrielle, ne tardera pas à s'établir.

L'Assemblée. — L'Assemblée, véritable Parlement de la Société des Nations, siège régulièrement une fois par an à Genève (décembre 1920, septembre 1921, septembre 1922) ; chaque pays y délègue trois représentants, mais ne dispose que d'une seule voix délibérative. Toutes les questions intéressant la vie et l'avenir de la Société figurent à l'ordre du jour de l'Assemblée, où elles ont été inscrites tant par le Conseil que par les diverses commissions ou conférences émanées d'une précédente session de l'Assemblée.

Il est assez naturel de comparer l'assemblée à celle que tiennent annuellement les actionnaires d'une société anonyme, tandis que le Conseil correspondrait au Conseil d'Administration, les commissions et conférences aux comités techniques et administratifs. Au centre, le secrétariat général sert d'organe de préparation, de coordination et d'exécution.

Commissions et conférences. — Quant aux nombreuses commissions et conférences instituées sur l'initiative tantôt du Conseil, tantôt de l'Assemblée elle-même, c'est dans leur sein que s'élaborent une à une les réalisations difficiles du vaste programme social inspirant l'ensemble de la Société. Nous rencontrerons successivement, par la suite, des exemples divers, tous également suggestifs et dont l'œuvre s'annonce dès maintenant des plus fécondes.

Enumérons seulement ici les plus importants de ces organismes, en indiquant les résultats qu'ils ont acquis.

Cour de Justice. — La tâche qu'a menée à bonne fin la deuxième Assemblée en 1921 a été la constitution de la Cour permanente de Justice internationale. Elle se compose de 11 juges permanents et 4 juges suppléants, représentant les principaux systèmes juridiques du monde entier et qui ont été élus suivant le statut adopté par cette Assemblée. On sait que notre éminent compatriote, le professeur André Weiss, membre de l'Institut, est vice-président de la Cour. Devant cette juridiction devront être portés tous les litiges internationaux ; normalement, il ne devrait pas être illusoire d'espérer que cette procédure ait pour effet de rendre les guerres de plus en plus rares, car plaider une cause demande du temps ; qui sait si, en 1914, l'Allemagne aurait osé déclarer la guerre après avoir dû comparaître devant un semblable tribunal ?

Organisation internationale du travail. — D'autre part, a été élaborée une organisation internationale du travail, comprenant une conférence annuelle et un organe permanent : le Bureau international du Travail, qui, sous la direction de M. Albert Thomas, étudie toutes les questions relatives au travail, à la protection des travailleurs, des femmes et des enfants dans tous les pays du monde.

Autres organismes. — Parmi les organismes permanents, il faut en outre citer : la Commission consultative des Communications et du Transit, la Commission permanente militaire, navale et aérienne, la Commission des Mandats, chargée d'examiner les rapports des puissances mandataires sur l'administration des territoires sous mandat.

D'autres commissions fonctionnent à titre provisoire : l'une d'elles élabore des règlements sanitaires et doit s'entendre avec l'Office international d'Hygiène. Elle a spécialement combattu la redoutable épidémie de typhus qui menaçait l'Europe entière et dont certains cas furent signalés en 1918 dans tous les pays. Cette commission a envoyé des équipes de médecins et d'infirmiers dans l'Europe orientale, où le fléau a pu être circonscrit. Elle s'est, de plus, occupée de faire rapatrier plus de cent mille prisonniers de guerre.

La Commission économique et financière a spécialement travaillé, avec une efficacité au moins partielle, au relèvement financier de l'Autriche.

Une Commission de Contrôle, créée par l'Assemblée de 1921, examine toutes les questions concernant les finances et l'administration de la Société.

Parmi les commissions consultatives, l'une est chargée de recueillir toutes les informations sur l'application des lois relatives au trafic de l'opium et des autres drogues nuisibles ; — une autre vise la répression de la traite des femmes et des enfants.

La seule indication de cet ensemble de travaux, qu'il serait facile d'allonger encore, car nous ne pouvons en donner ici un aperçu vraiment complet, montre bien déjà qu'à la Société des Nations on agit beaucoup, avec une volonté déterminée d'orienter cette vaste activité, pour le plus grand bien possible de la collectivité humaine.

« Il ne faut pas désespérer, écrit M. Etienne Grosclaude, dans la « Renaissance », de voir la Société des Nations définir une morale publique à l'usage des peuples civilisés, une civilité puérile et honnête, où la volonté de tous contraindrait chacun au respect humain. »

Telle étant l'inspiration générale, considérons en

Digitized by Google

quelque sorte le bilan actuel que pourrait dresser la Société des Nations pour ses diverses activités ci-dessus définies.

II. Fonctions administratives de la Société des Nations. — Des *fonctions administratives* ont été confiées à la Société des Nations par le traité de Versailles.

La Sarre. — D'abord, c'est à une commission nommée par elle qu'incombe l'administration du territoire de la Sarre. Le Conseil a toujours été unanime à approuver la fermeté intelligente avec laquelle ses commissaires (au nombre de cinq) ont exercé leurs délicates attributions, à la satisfaction générale, et, ce qui importe singulièrement, à la satisfaction évidente des Sarrois eux-mêmes.

Dantzig. — A Dantzig, où la situation est particulièrement compliquée par les conditions géographiques isolant la ville libre au bout du long couloir qui joint la Pologne à la mer, à travers un pays foncièrement prussien, le haut commissaire de la Société des Nations veille à l'exécution du traité, tandis que le Conseil se réserve la solution des litiges qui ont pu s'élever entre la Pologne et Dantzig : il a, en particulier, fait fermer dans cette ville des fabriques occultes d'armes de guerre ou soi-disant de chasse.

Anciennes colonies allemandes et Orient. — La question des mandats à exercer sur les anciennes colonies allemandes et sur les parties détachées de l'empire turc a soulevé plus de difficultés par suite du veto inattendu que lui ont opposé les Etats-Unis. Toute action est donc suspendue en ce qui concerne les mandats A et B, jusqu'à ce qu'un accord se soit établi entre la grande république américaine et les puissances alliées. Pour les mandats C, des rapports ont été fournis et examinés par la Commission des Mandats ; l'un des plus remarqués, qu'on a pu citer comme modèle, est le rapport français sur le Togo.

III. Action de la Société des Nations pour la paix. — L'action de la Société des Nations pour la paix revêt deux formes :

1° Son intervention dans les cas particuliers qui lui ont été, lui sont ou lui seront soumis ; les principaux ont été jusqu'ici : la question de l'Arménie, celle des îles d'Aland, le différend polono-lithuanien, les frontières de l'Albanie et le partage de la Haute-Silésie ;

2° Le développement des institutions de la Société en vue d'assurer la paix dans le monde, aux hommes et aux Etats de bonne volonté.

1° Cas particuliers. — *a) Haute-Silésie.* — En Haute-Silésie, la solution intervenue fait de tous points honneur à la Société des Nations. L'enjeu était grave, puisque le maintien même de la paix du monde était en jeu. Le prestige de la Société en sort considérablement rehaussé.

b) Arménie. — La question arménienne ne saurait être résolue actuellement, puisqu'elle reste subordonnée aux négociations entamées pour établir en Orient une paix moins précaire que celle du traité de Sèvres. Le rôle de la Société des Nations s'y trouve donc non pas exclu, mais momentanément ajourné.

c) Iles d'Aland. — La situation à régler aux îles d'Aland était particulièrement difficile : 3 pour 100 seulement de la population y parlent la langue finlandaise, suivant la même proportion, d'ailleurs, que dans tous les territoires côtiers de la Finlande même. Le Conseil, après examen approfondi de la question, a décidé d'attribuer, dans des conditions de quasi-autonomie qui offrent aux Suédois de très larges compensations, la souveraineté sur les îles d'Aland à la Finlande. L'autorité morale de la Société s'est affirmée remarquablement dans la séance de l'assemblée où la Suède a déclaré, avec une belle abnégation qui l'honore, accepter loyalement cette décision.

d) Frontières de la Pologne et de la Lithuanie. — Un autre succès, obtenu un peu plus péniblement et après diverses péripéties, n'en est pas moins acquis désormais, grâce surtout à M. Hymans, auteur du projet d'accord proposé à la Pologne et à la Lithuanie, qui fut accepté après quelques modifications et précisions, par le Conseil en septembre 1921.

e) Frontières de l'Albanie. — En ce qui concerne les frontières de l'Albanie, le Conseil a dû se déclarer incompétent et se dessaisir du litige en faveur de la Conférence des Ambassadeurs. Celle-ci ayant depuis lors fait connaître sa décision, il reste à la Société des Nations le soin de veiller aux droits des minorités dans ce pays comme dans les autres. Les adversaires n'ont pas manqué de taxer de faiblesse la déclaration d'incompétence du Conseil. Mais, en réalité, comme le dit si justement M. Noblemaire (*Journal officiel*, 4 février 1922), « c'est la situation générale qui est la vraie coupable ; c'est le fait que, trente mois après l'armistice, la paix véritable et complète n'est encore réalisée à peu près nulle part !... Tant que l'Allemagne ne sera pas reconnue et déclarée vaincue, tant qu'elle n'aura pas désarmé, tant que ses paiements ne seront pas assurés, tant, en somme, qu'elle n'aura pas subi la juste loi de ses obligations contractuelles, l'Assemblée, le Conseil, les commissions de la Société des Nations, seront exposées à marcher trop souvent sur du sable mouvant ».

2° Développement des institutions de la Société des Nations. — Tout en traitant ces cas particuliers qui lui étaient soumis, la Société des Nations ne cesse de se préoccuper d'une manière plus générale du développement à assurer aux institutions et organismes susceptibles d'affermir la paix dans le monde.

Mais, pour vouloir effectivement la paix, encore faut-il être muni des armes qui en assurent le maintien. Le pacte n'en met qu'une aux mains de la Société des Nations, à savoir le blocus de l'Etat en rupture de pacte, blocus assuré par les autres membres de la Société. L'Assemblée générale de 1921 a élaboré une procédure, le Conseil devant soumettre à tous les membres ses

Digitized by Google

propositions de sanctions. Il semble néanmoins que, sur ce terrain, on n'aboutisse pas encore à des mesures vraiment pratiques et opérantes. C'est l'autorité morale de la Société des Nations qui, jusqu'à nouvel ordre, constitue sa meilleure force pour le maintien et l'affermissement de la paix.

Il faut la féliciter de ses efforts en vue de créer un contrôle effectif du trafic des armes et d'obtenir la ratification par toutes les puissances de la convention de Saint-Germain, signée le 10 septembre 1919, relative au désarmement.

IV. Reconstitution économique et financière du monde. — Ici les possibilités apparaissent sérieuses et réelles, quelques-unes même faciles.

L'action de la Société des Nations dans ce vaste domaine date surtout de la conférence financière de Bruxelles en septembre 1920. Son programme, au sein de multiples commissions, a toujours consisté à réunir les délégués techniques des différents pays et à leur faire établir, d'une part, des conventions internationales soumises aux gouvernements, d'autre part, des recommandations pour la Société des Nations elle-même, en vue de son activité présente ou future.

Ces commissions techniques aident donc en permanence la Société dans son œuvre; le bureau permanent du secrétariat général tient à jour leurs rapports mutuels et en assure la liaison. La Commission économique et financière a élaboré un grand projet de crédit international ; c'est elle aussi qui a préparé un projet de relèvement financier de l'Autriche.

Au même ordre d'idées se rattachent les activités proprement sociales. L'action de la Société des Nations s'est affirmée avec promptitude et bienfaisance, en intervenant dans des cas urgents où les efforts nationaux des Etats ou des sociétés de secours restaient insuffisants ou impuissants ; et elle a inspiré vigoureusement le développement d'institutions internationales pour la lutte contre la maladie, l'immoralité, tous les fléaux sociaux.

Ainsi, on l'a vue obtenir le rapatriement des prisonniers de guerre. Grâce, spécialement, au docteur Nansen, ceux de Russie ont été sauvés avec un dévouement admirable, au nombre de plus de 335000. Dans l'Europe orientale, d'importants succès ont été remportés dans la lutte contre typhus et choléra ; un cordon sanitaire solide en a enrayé la propagation. Devant la question angoissante des réfugiés russes, la Société des Nations, coordonnant les efforts des divers pays, se constitue en une sorte de vaste bureau de placement, car elle est seule en mesure de résoudre l'ensemble complexe des problèmes ainsi soulevés. Des commissions consultatives étudient la répression de la traite des femmes et des enfants, le trafic de l'opium et des stupéfiants, la fédération de toutes les œuvres de secours volontaires (croix-rouges et autres) en Europe, l'interdiction ou la réglementation de l'emploi des poisons, tels que la céruse ou le phosphore, dans l'industrie.

Enfin, l'activité de la commission spéciale, constituée par le Conseil pour l'étude de la limitation des armements, n'a pas cessé de s'exercer, sans que la convocation de la conférence de Washington (février 1922), si inopinée qu'elle ait d'abord paru, en ait retardé ou contrarié les travaux.

Incontestablement, pour que dans tous ces domaines la Société des Nations poursuive son œuvre dans des conditions tout à fait normales, il faudrait que les grands Etats encore absents puissent ou veuillent lui apporter leur concours. En ce qui concerne l'Allemagne, la question de son admission est très simple; elle n'a qu'à la mériter par le respect de sa propre signature et l'exécution des clauses du traité de paix. Quant aux Etats-Unis, on espère toujours qu'ils viendront, on leur demande de dire nettement ce qui, jusqu'à maintenant, les a rebutés ou retenus, et il ne semble pas trop présomptueux d'envisager dans un avenir peu éloigné la disparition de tout malentendu et leur adhésion qui doit être éminemment féconde.

Quand la Société des Nations réunira périodiquement des délégués du monde à peu près entier, pour examiner les problèmes économiques et sociaux dont la solution, pour être pleinement efficace, doit revêtir un caractère d'universalité, le danger des heurts et conflits politiques en diminuera d'autant et le grand but pacifique approchera de sa réalisation définitive.

V. Organisation intérieure. — Envisageons maintenant l'organisation intérieure des grands rouages dont nous avons défini le rôle respectif.

1° **Secrétariat général.** — C'est en premier lieu le Secrétariat général, véritable moteur permanent de l'ensemble. Dirigé par un secrétaire général (anglais, sir Eric Drummond), qu'assistent un secrétaire général adjoint (français, M. J. Monnet) et deux sous-secrétaires, l'un italien, l'autre japonais, cet organisme central est divisé en sections ou directions, chargées, chacune sous la responsabilité du secrétaire général, de l'étude préliminaire des affaires confiées par l'Assemblée et le Conseil au Secrétariat.

La section politique étudie les problèmes politiques sur lesquels l'Assemblée devra délibérer. La section des commissions administratives et des questions de minorités étudie les problèmes de cet ordre réservés à la Société des Nations par le traité de paix. La section des armements centralise tous les renseignements relatifs à la limitation des armements. A côté d'elle, la Commission militaire permanente, composée des représentants militaires des Etats membres du Conseil, possède à Genève un secrétariat technique spécial. La section économique et financière organise les enquêtes nécessaires à la Commission économique dont nous avons vu le rôle d'organe consultatif du Conseil. Elle publie un « Bulletin mensuel des Statistiques ». La section d'hygiène tient à jour l'étude des problèmes d'hygiène internationale. La section d'information assure le contact entre la société et l'opinion des différents pays;

Digitized by Google

son « Bulletin mensuel », rédigé dans la plupart des langues les plus répandues dans le monde, présente un résumé complet des diverses activités de la Société. La section juridique donne à la Société des informations nécessaires de droit international pour l'étude des questions politiques ou économiques qu'elle doit élucider. La section des mandats centralise les informations relatives à l'administration des territoires que les traités de paix ont soumis au régime des mandats. La section des questions sociales établit la liaison avec les diverses œuvres de bienfaisance et de charité internationales. La section du transit a pour objet l'amélioration des communications et du transit internationaux. Elle fournit le secrétariat de la Commission consultative permanente issue de la conférence des passeports et formalités douanières. La section des bureaux internationaux s'occupe, en général, de toutes les questions d'organisation intellectuelle internationale qui sont soumises à la Société. La section du trafic de l'opium, composée d'un seul membre, chinois, élabore les travaux qui ressortissent à la commission que la Société a constituée pour cet important objet. Enfin, le Secrétariat possède la direction de l'administration financière. Outre ces différents services techniques, le Secrétariat est muni de l'arsenal administratif indispensable : rédacteurs, archivistes, service d'édition, de vente, du matériel, dactylographes, interprètes, etc... Des simplifications ont été d'ores et déjà apportées, sur l'initiative de la Commission de Contrôle, dans ce vaste ensemble.

2° **Bureau international du Travail.** — Il faut placer, à côté du Secrétariat, le Bureau international du Travail, car il joue dans l'ensemble de l'organisation internationale du travail un rôle analogue à celui du Secrétariat dans la Société. Il apparaît aussi comme l'organe d'exécution et de préparation des conférences internationales du travail instituées par la partie XIII du traité de paix. Ses travaux sont contrôlés par un Conseil d'administration, et son budget, voté chaque année par l'Assemblée de la Société des Nations, est soumis au contrôle d'une commission émanant également de la Société.

A) Conférences du travail. — Tous les Etats, membres de la Société, participent aux conférences annuelles du travail, qui ont déjà siégé quatre fois (Washington, 1919 (1); Gênes, 1920; Genève, 1921 et 1922). Il faut noter, de plus, que l'Allemagne y a été admise dès la première année, sur décision préalable du Conseil suprême. Manquent seules à ces conférences les voix de la Russie, livrée au chaos bolchevique, et des Etats-Unis. De cette dernière nation viennent cependant aux conférences et au bureau d'utiles concours officieux.

L'objet des conférences du travail est d'étudier et de voter des projets de convention ou de recommandation sur des questions de législation sociale pouvant présenter un caractère international. Ces projets, votés à la majorité des deux tiers, sont soumis aux gouvernements des Etats membres de l'organisation, qui doivent, dans les délais fixés, les soumettre à leur tour aux autorités législatives de leurs pays respectifs. Les projets ne deviennent des engagements pour ces pays que lorsqu'ils ont été votés par ces autorités, ratifiés par les gouvernements et enregistrés par le Secrétariat général de la Société des Nations. Ainsi est parfaitement respectée la souveraineté nationale des Etats.

Les auteurs du traité ont voulu que les conférences du travail, par une uniformisation internationale progressive, prudente, largement comprise, des mesures sociales adoptées en faveur des travailleurs, puissent supprimer à la fois la crainte de la concurrence déloyale en matière industrielle et la tentation, pour les travailleurs mal protégés, de recourir à des actions violentes risquant de troubler la paix sociale. Aussi, outre les deux délégués que les gouvernements envoient à chaque conférence, deux autres sont-ils respectivement désignés par les organisations patronales et ouvrières les plus représentatives. Si un tiers seulement des membres de la conférence demande le retrait d'une question inscrite à l'ordre du jour, ce retrait est de droit.

B) Conseil d'Administration. — Le Conseil d'Administration de l'Organisation internationale du Travail est composé de 16 représentants des gouvernements (1 pour chacun des 8 pays reconnus comme industriellement les plus importants, et 8 représentant respectivement 8 autres pays qu'a désignés la conférence), 8 représentants des patrons et 8 représentants des ouvriers. Ce conseil de 32 membres prépare l'ordre du jour des conférences et dirige les travaux du bureau.

C) Fonctionnement du bureau. — Le bureau est né en janvier 1920; son directeur a pour devoir essentiel de lui assurer le caractère d'organe de documentation pleinement impartiale. Il comprend deux divisions principales, correspondant à ses deux grandes missions.

a) *Division diplomatique.* — Sa division diplomatique prépare les travaux des conférences futures, conformément à l'ordre du jour arrêté par le Conseil d'Administration. Elle adresse à cet effet aux divers gouvernements des questionnaires soigneusement établis et formulés. Elle classe les réponses reçues, doit en faire l'étude attentive et impartiale, puis exprimer dans un rapport documenté l'opinion moyenne, qu'elle présente, sous la forme d'un projet de convention ou de recommandation, suivant la plus ou moins grande unanimité des réponses, à l'examen des membres de la conférence, sans, bien entendu, que ce document préjuge en rien leurs décisions.

La même division est chargée de suivre le cours des projets de convention ou de recommandation, lorsqu'ils ont été votés par la conférence et, enfin, de veiller, lorsque les Parlements des divers pays les ont ratifiés, à ce qu'ils soient respectés. On conçoit, pour l'avenir, que cela entraîne la possibilité d'introduire des instances devant la Cour permanente de Justice interna-

(1) *Revue générale de l'Electricité*, du 17 mai 1919, t. v, page 97 B et du 8 novembre 1919, t. vi, page 121 B.

Digitized by Google

tionale, où doit être constituée spécialement une « Chambre du Travail ».

b) *Division scientifique.* — A la division scientifique du bureau du travail incombent d'autres tâches, également essentielles. C'est elle, en effet, qui recueille sur toutes les questions sociales intéressant gouvernements, patrons, ouvriers, l'ensemble des informations et des documents utiles, ainsi que l'y invite le traité de paix.

Ce terme : « scientifique », peut-être un peu ambitieux, garantit en tout cas l'esprit d'objectivité dont doit s'inspirer le bureau. La division scientifique s'attache à réunir l'ensemble le plus complet de renseignements pouvant intéresser le monde du travail. Elle les classe et en fait paraître l'essentiel dans ses multiples publications, qui constituent déjà une documentation considérable, et sont appelées à devenir indispensables pour quiconque étudie, à n'importe quel titre, les questions sociales.

c) *Publications.* — α. Revue internationale du travail. — La plus importante de ces publications est la « Revue internationale du Travail », qui paraît mensuellement depuis 1921. Elle recrute des collaborateurs dans tous les pays et les milieux sociaux ; ses articles, solidement informés, soigneusement étudiés, mériteront de plus en plus dans l'avenir, il faut l'espérer, la caractéristique que le directeur du Bureau international du Travail donnait en ces mots de l'œuvre entière qui s'y poursuit : « Notre activité, n'est-ce pas en quelque manière, le thermomètre de l'état social du monde? »

β. Informations quotidiennes. — D'autre part, les « Informations quotidiennes », qui paraissent deux fois par semaine, publient les nouvelles les plus récentes, ainsi que des extraits variés de la presse mondiale, susceptibles d'intéresser le monde du travail. Elles sont éditées en français et en anglais.

γ. Bulletin officiel. — Enfin, le « Bulletin officiel », que rédige, en trois langues, la division diplomatique, publie tous les textes officiels de l'organisation du travail et ceux des lois nationales sanctionnant les conventions ou recommandations adoptées par la conférence.

δ. Autres publications. — A côté de ces diverses publications périodiques, le Bureau édite des brochures, des notices bibliographiques et même des ouvrages de plus d'étendue sur certains sujets particuliers, dont l'étude se trouve naturellement entreprise à la suite des recherches faites pour la préparation d'une conférence, ou d'une enquête officiellement confiée au Bureau, soit par le conseil d'Administration, soit par la Conférence elle-même.

d) *Services techniques.* — L'organisation du Bureau se complète par une importante série de services techniques, qui s'occupent de questions spéciales : marine, hygiène industrielle, chômage, émigration, questions russes, assurances sociales, coopératives, sur lesquelles l'ordre du jour des conférences peut appeler tour à tour particulièrement l'attention.

e) *Relations extérieures.* — Pour assurer la nombreuse correspondance du Bureau avec les organisations et les personnes s'intéressant, dans les différents pays, à son œuvre, un service de relations fonctionne auprès du cabinet du directeur. C'est, en plus petit, l'équivalent du service de presse au Secrétariat de la Société des Nations. Car il importe de maintenir le contact étroit avec l'opinion publique, spécialement dans les cadres patronaux et ouvriers. L'échange des renseignements et des publications est facilité, d'autre part, au moyen de bureaux locaux de correspondance installés à Paris, Berlin, Londres, Rome et Washington.

L'œuvre, si attachante et remarquable qu'elle soit, n'est rien sans les artisans. La vitalité de l'institution reste subordonnée à sa qualité de fidèle miroir où se reflètent toutes les doctrines. Le jour où le Bureau international du Travail perdrait ce caractère de stricte objectivité et tendrait à devenir un instrument de propagande quelconque, il se condamnerait lui-même sans appel.

D. Conventions et recommandations déjà adoptées. — Reste à indiquer brièvement les conventions et les recommandations adoptées dans les conférences et dont le Bureau est chargé de surveiller l'application.

A la conférence de Washington de 1919, six projets de convention et six recommandations ont été arrêtés. Les premiers sont relatifs au travail dans l'industrie, au chômage, à la protection des femmes en couches, au travail de nuit des femmes, à celui des enfants, à l'âge d'admission dans les usines. Les secondes concernent le chômage, le charbon, la réciprocité de traitement, le saturnisme, le phosphore blanc, et le service public d'hygiène.

La conférence de Gênes, de 1920, a voté trois projets de conventions, sur l'âge d'admission au travail maritime, sur l'indemnité de chômage et sur le placement des marins. Ses quatre recommandations ont trait aux heures de travail dans l'industrie de la pêche et dans la navigation intérieure, aux statuts nationaux des marins et à l'assurance des marins contre le chômage.

La conférence de Genève, de 1921, a adopté sept projets de conventions, sur l'âge d'admission des enfants dans l'agriculture, sur les accidents du travail, sur la garantie du droit d'association dans l'agriculture, sur la céruse, sur le repos hebdomadaire dans l'industrie, sur l'âge d'admission dans les soutes et les chaufferies et sur la visite médicale obligatoire des jeunes marins. Elle a, de plus, formulé huit recommandations relatives au travail des enfants et à celui des femmes dans l'agriculture, à la protection des femmes en couches dans l'agriculture, au chômage agricole, aux assurances sociales dans l'agriculture, à l'enseignement technique agricole, au logement et au couchage des travailleurs agricoles et, enfin, au repos hebdomadaire dans le commerce (1).

(1) Nos lecteurs sont au courant des discussions qui s'étaient élevées au sujet de la compétence du Bureau international du Travail en matière agricole. Ils savent quelle atti-

Digitized by Google

Enfin, la conférence de Genève de 1922 fut consacrée surtout à la réforme du Conseil d'Administration, à la discussion du rapport moral du directeur et à des échanges de vues sur diverses questions d'ordre général, notamment sur l'état des ratifications dans les divers pays. Un seul projet de recommandation, relatif à l'émigration, fut adopté au cours de cette quatrième conférence.

Au total, seize projets de conventions et dix-neuf recommandations ont été ainsi, en deux ans, proposés à l'attention des divers pouvoirs législatifs.

Les premiers ont donné comme résultats : trente et une ratifications définitives et soixante-cinq projets de loi déposés devant les Parlements, laissant envisager autant de ratifications futures. Quant aux recommandations, il en est résulté vingt-sept lois et treize projets de lois.

Dans ce travail législatif mondial, il est intéressant de relever la part exacte de la France. Aucun projet de convention n'y a encore été suivi d'une ratification par le Parlement. Cependant le Gouvernement en a présenté cinq, sur lesquels la Chambre n'a pas jusqu'ici été appelée à se prononcer. D'autre part, quatre projets de lois sont en élaboration actuellement, qui se conformeront à des textes adoptés aux conférences de Washington ou de Gênes. En ce qui concerne les recommandations, il en est résulté dans notre pays une loi déjà promulguée et un projet de loi déposé. Peut-être certains estiment-ils que la France, dont pourtant le souci éprouvé des intérêts de la population ouvrière est hors de doute, montre quelque lenteur à réaliser pour son compte l'œuvre législative dont l'impulsion a pris corps dans l'organisation internationale du travail. Mais il est juste d'observer, par contre, que cette dernière a tendance à procéder avec une grande hardiesse et sans attendre que l'évolution naturelle amène chaque pays à ratifier spontanément celles de ses initiatives qui lui paraîtront réalisables.

Quoi qu'il en soit, on ne saurait mettre en doute que le rôle du Bureau du Travail, dans l'esprit des rédacteurs du traité de paix, doit devenir essentiel dans la vie internationale. Puisse-t-il viser de plus en plus effectivement à constituer, suivant l'expression significative de M. Noblemaire, « la plus noble et la plus sûre des assurances sociales ! » Cela justifierait les dépenses qu'il occasionne, son budget représentant le tiers du budget total de la Société des Nations.

VI. **Conclusions**.. — Malgré les tâtonnements et les imperfections inévitables dans la première période d'activité de ce faisceau d'institutions si nouvelles, les résultats d'ores et déjà acquis autorisent un ferme optimisme pour l'avenir de la Société des Nations. Les forces vives de tous les pays et toutes les forces internationales désireuses d'ordre, de droit, de paix stable, bâtiront sur un sol résistant en se groupant toujours plus intimement autour de l'idée et de l'organisme ainsi lancés dans la vie. La Société des Nations permettra progressivement de se réaccoutumer à la confiance et au droit, dissipera incertitude et chaos, et laissera peut-être entrevoir la possibilité d'échapper, enfin, à ces recours à la violence qui, loin de pouvoir mettre fin au désarroi économique et politique du temps présent, le perpétueraient en l'aggravant irrémédiablement.

Seulement, ce qui existe n'est encore qu'un commencement modeste et imparfait. D'incessantes études doivent permettre d'obtenir mieux. A cet effet certains hommes d'Etat estiment qu'il faudrait élaborer une proclamation des droits et des devoirs internationaux, reposant sur quelques principes clairs, simples et intangibles. L'édifice se complèterait naturellement selon eux par la détermination des organes de la souveraineté mondiale, chargés de la protection collective de ces droits, ainsi que de l'administration des services publics d'ordre universel destinés à accroître le bien-être et la prospérité de la collectivité humaine tout entière.

On pourrait alors considérer l'avenir normal de la Société des Nations parvenue à sa mission intégrale, comme réalisant une organisation générale des rapports internationaux, organisation à la fois économique, intellectuelle et politique. Les personnes qui considèrent que cette réalisation est non seulement souhaitable mais possible dans un avenir plus ou moins proche, sont même allées jusqu'à élaborer un système complet d'organes et d'institutions adaptées à leur conception et qu'il y aurait lieu de créer. Notre étude ne serait pas complète si nous n'indiquions pas, en terminant, la physionomie d'ensemble que revêtirait ce système.

Celui-ci se présenterait de la façon suivante :

I. Institutions politiques :

1° Assemblée ou Parlement international, avec les commissions qui en dépendent ;

2° Conseil suprême ou Gouvernement international ;

3° Cours internationales (Cour de Justice, Cour d'arbitrage, Conseil de Conciliation) ;

4° Offices administratifs ou Ministères ;

5° Institutions militaires internationales : Conseil de

tude avaient prise à cet égard le gouvernement français lui-même, d'une part, le représentant du patronat français à la conférence, d'autre part. Rappelons simplement : 1° qu'une décision récente de la Cour de Justice internationale a reconnu la compétence agricole du Bureau international du Travail et que, bien entendu, la France s'est inclinée devant cette décision (voir à ce sujet, les déclarations de M. de Vogué, délégué gouvernemental français à la 4e conférence international du Travail, Genève 1922) ; 2° que jusqu'au moment où cette décision a été rendue, cette question de *compétence* pouvait être considérée en droit pur comme au moins douteuse, des juristes éminents et notamment M. de Lapradelle, avocat du Gouvernement français devant la Cour, ayant pu développer sans peine de nombreux arguments dans le sens de l'incompétence ; 3° qu'en pratique, on avait soulevé aussi la question de l'*opportunité* actuelle de la mise des problèmes agricoles à l'ordre du jour des travaux de la conférence. Nous n'avons pas à revenir sur ces discussions et nous nous bornons à rendre compte, d'un point de vue objectif, des résultats effectifs des délibérations de la Conférence. (Voir dans le *Bulletin R. G. E.*, les notes parues sur le Bureau international du Travail, 7 février 1920, t. VII, p. 37 B ; 9 octobre 1920, t. VIII, p. 82 B ; 23 octobre 1920, t. VIII, p. 96 B et 13 mai 1922, t. XI, p. 145 B).

Digitized by Google

défense commune — Etat-majors et services qui en dépendent — Commission militaire de contrôle des armements.

II. Institutions économiques et sociales :

1° Office international des Finances, comprenant : *a*) Banque internationale chargée de l'émission d'une monnaie internationale, un prêt aux Etats, de la régularisation des changes, avec clearinghouse ou chambre de compensation. *b*) Bourse internationale des valeurs. *c*) Instituts internationaux d'assurance et d'épargne, caisses internationales d'épargne. *d*) Services postaux internationaux d'ordre financier, chèques et mandats internationaux ;

2° Conférence internationale du Travail et Bureau international du Travail (questions ouvrières) ;

3° Office international du Commerce (questions douanières, contrôle des matières premières et des denrées alimentaires essentielles, surveillance des trusts internationaux) ;

4° Office international de la Production, divisé en sections de l'agriculture, de l'industrie, des mines, des pêches, etc. ;

5° Office international des Transports (terrestres, maritimes et aériens) ;

6° Office international d'Hygiène.

III. Institutions d'ordre intellectuel :

1° Instituts internationaux de recherches scientifiques ;

2° Institut technique international, inventions, office international des brevets ;

3° Office international des unités et étalons techniques ;

4° Institut international du progrès social ;

5° Office juridique international ;

6° Office international de statistique ;

7° Bureau international des langues ;

8° Office international d'éducation ;

9° Université internationale.

10° Etablissements internationaux de documentation comprenant : bibliothèque, institut de bibliographie, archives, service des échanges.

11° Conférence internationale des intérêts intellectuels, avec représentation des gouvernements, des académies et des associations libres.

En vue d'une semblable expansion, le pacte qui constitue la Société des Nations aurait à subir une série de remaniements et de perfectionnements, qui permettraient peu à peu la réalisation de toutes les espérances. Voici quelques aperçus, résumant à cet égard les vœux formulés par le Congrès des Associations internationales pour la Société des Nations :

1° La Société des Nations doit être nettement distincte de toute ligue tendant à favoriser la réalisation de certains buts politiques particuliers. Cette Société est par nature universelle, du triple point de vue de son objet, de ses membres et de ses méthodes. Les circonstances peuvent exiger que certains de ses membres soient soumis à des conditions spéciales, notamment à fournir diverses garanties déterminées avant d'être placés sur le pied d'égalité avec les autres. La nature, la forme et la modalité de ces garanties doivent être fixées. Le régime des alliances particulières au sein de la Société des Nations doit être défini et harmonisé avec le statut même de la Société.

2° La nature des décisions auxquelles doivent se conformer les membres de la Société ne saurait demeurer douteuse ou mal définie. Il y a lieu de distinguer les décisions d'ordre législatif, judiciaire, administratif et politique et de séparer nettement les organes ou les pouvoirs qui ont à les prendre.

Les droits primordiaux des membres doivent être protégés par une organisation judiciaire contre toute décision d'une majorité artificiellement constituée. Mais, d'autre part, un mécanisme doit fonctionner pour ajuster en toutes circonstances les relations aux nécessités nouvelles et donner naissance régulièrement à un droit nouveau, quand le droit ancien ne correspond plus aux conditions où il s'est élaboré. Il faut aussi que la règle de la majorité soit établie, tout au moins en matière administrative et pour tout ce qui concerne la bonne gestion des services publics.

3° La suppression absolue de la guerre étant proclamée comme l'objet essentiel de la Société, celle-ci en dégage nécessairement toutes les conséquences : abolition du droit de conquête et de domination, transformation des armements nationaux de manière à constituer une grande force internationale de sanction, normalisation et renforcement du système des sanctions, de manière à rendre inutiles des conventions défensives, toujours périlleuses entre membres de la Société.

4° L'autorité de la Société des Nations doit résider dans une assemblée, véritable parlement mondial, dont les délégations soient désignées par les parlements nationaux et disposent d'une puissance de vote proportionnelle à la puissance du pays (coefficient international dont les facteurs tiennent compte de diverses données objectives, telles que : le nombre des habitants, l'étendue du territoire, l'importance du commerce extérieur, l'état de culture du peuple, évalué, par exemple, au moyen du chiffre des dépenses d'instruction publique par tête d'habitant).

S'engager vers de pareils horizons, essayer de faire sortir des brumes un avenir de véritable coopération entre tous les peuples, est-ce possible sans sombrer dans un internationalisme niveleur et artificiel ? Les partisans d'une semblable politique proclament énergiquement l'affirmative. Ils ont trouvé, disent-ils, le meilleur auxiliaire du vrai patriotisme. Pour que chaque nation puisse se développer librement, dans l'épanouissement total de ses facultés de prédilection et de son génie propre, il faut, ajoutent-ils, qu'elle puisse compter sur la collaboration de toutes les autres et sur la protection de leur Société.

Il est incontestable que de telles idées sont encore loin de rencontrer une approbation unanime. Discuter leur opportunité et leur caractère plus ou moins pratique ou, au contraire, plus ou moins utopique, pourrait entraîner loin. Une telle discussion ne correspondrait ni au rôle de cette revue, ni au cadre de ce travail, dont le modeste but de documentation objective sera pleinement atteint si nos lecteurs y trouvent quelques renseignements utiles sur une institution dont on parle tant à l'heure actuelle dans tous les milieux.

S'il est possible, cependant, de réaliser l'accord unanime sur quelques idées très générales, ce sera sans doute en proposant aux méditations de chacun les paroles suivantes de M. Léon Bourgeois, résumant avec autant de précision que d'élévation les sentiments sur lesquels repose l'optimisme de ceux qui considèrent avec sérénité l'avenir de la Société des Nations :

« Dans l'état actuel du monde, bouleversé par la

Digitized by Google

grande guerre et par l'effondrement économique universel, une morale internationale paraît impérieusement nécessaire. Nécessaire pour la protection des uns, nécessaire aussi pour imposer aux autres la modération et les protéger eux-mêmes contre les excès de ce trouble singulier d'esprit qui mène les nouveaux riches à l'abîme.

» La Société des Nations est le foyer pacifique où se définissent les droits et les devoirs, où se formulent les règles et où se préparent les sanctions d'avenir de la morale des Etats. Ce sera l'école pratique de la morale universelle. C'est pourquoi nous avons pleine confiance en l'avenir (1). »

Georges MARTY,
Avocat à la Cour d'Appel de Paris.

Assemblées générales

Société anonyme des Forges et Aciéries du Nord et de l'Est.

ASSEMBLÉE GÉNÉRALE ORDINAIRE DU 30 OCTOBRE 1922.

L'exercice 1921-1922 a subi le contrecoup de la crise qui a atteint le monde entier, frappant tout particulièrement l'industrie métallurgique.

Le groupe qui a été constitué a eu, dans ses usines de Lorraine et de l'Ouest, à en supporter les conséquences et celles-ci, de ce fait, n'ont laissé cette année aucun résultat bénéficiaire.

La Société des Forges et Aciéries du Nord et Lorraine a été principalement affectée par le remboursement des sommes en marks qu'elle avait versées à la Société Neunkircher Eisenwerk, pour lui assurer son fonds de roulement.

En raison de la crise de la construction navale, les usines métallurgiques de la Basse-Loire qui, malgré leur situation privilégiée au bord de la mer et dans une région dont le développement industriel a été considérable, n'ont pu travailler que de façon très réduite.

Le Conseil rend compte de l'exploitation de ses différentes usines et de la reconstitution des usines du Nord.

Hauts fourneaux de Jarville et mines de Chavigny. — Les établissements de la division de Nancy ont été en chômage par suite de la crise métallurgique. Une partie du personnel spécialiste et une partie de l'outillage mobile de l'usine de Jarville ont été employés dans les hauts fourneaux d'Uckange (Moselle) qui appartiennent à la filiale les forges et aciéries de Nord et Lorraine.

Le personnel très réduit conservé à Jarville a permis de réfectionner l'usine dans ses diverses parties; deux groupes électrogènes Belleville ont été installés ainsi qu'un tableau de distribution pour constituer la centrale du groupe 2.

L'exploitation et la vente des dépôts de laitier ont été continuées ; l'étude et la réalisation d'un programme de construction de logements ouvriers, en remploi de dommages de guerre, ont été menées à bonne fin.

A la mine de Chavigny on a exécuté l'électrification du puits de la Faille ainsi que celle du poste élévateur d'eau. Les voies ferrées souterraines ont été refaites et renforcées pour le service des locomotives à benzol.

Mine de Pienne. — L'exercice a été consacré à l'achèvement du dénoyage des travaux souterrains, à la reconstitution de l'outillage et des dispositifs du fond et du jour, et à la remise en exploitation de la mine. En novembre dernier, l'extraction du minerai a été reprise, elle atteignait en fin d'exercice plus de 30 000 t par mois.

Les dommages de guerre ont fait l'objet de l'expertise officielle et la société compte voir déterminer prochainement le montant définitif de sa créance.

La production de la mine, qui a été en croissant de mois en mois d'une façon régulière, permettra d'alimenter les hauts fourneaux du Nord dont les premiers à Louvroil seront probablement rallumés en décembre. Jusqu'ici les minerais produits ont été consommés, pour la plus grande partie, par les usines de Neunkirchen.

Division de Valenciennes : A l'ancienne usine, l'aciérie Martin et l'atelier de bandages et d'essieux ont repris leur activité au cours de l'exercice 1920-1921, et ont donné des résultats intéressants. Les ateliers de fonderie et de construction ont continué à travailler pour la reconstruction de la nouvelle usine.

Dans cette dernière, la société a achevé les trois hauts fourneaux qui sont en ordre de marche et a agrandi les estacades à coke.

A la station centrale, les deux batteries de six chaudières existant avant guerre ont été rétablies. Un autre groupe est en installation.

Les installations d'épuration pour les gaz et les eaux sont remises en état, le château d'eau de 1 000 m³ est reconstruit.

Dans la salle des machines on a terminé l'installation des machines existant avant guerre et enlevées par les Allemands, c'est-à-dire quatre soufflantes pour hauts fourneaux, dont trois à gaz, quatre moteurs à gaz de 3 000 et 1 200 ch, deux machines à vapeur de 500 ch. On procède au montage des deux nouveaux moteurs de 3 000 ch et d'une turbine de 4 500 ch.

L'aciérie Thomas est entièrement reconstruite ainsi que les soufflantes à gaz et à vapeur. Elle sera complétée prochainement par l'installation d'un second mélangeur.

Le blooming et le train reversible de 800 mm, récupérés en Allemagne, ont été réinstallés. On a augmenté leur puissance de production par l'emploi de nouveaux moteurs électriques avec groupes Ilgner. Dans le même but, ont été créés de nouveaux chantiers d'étendages.

Un train de 600 mm à double commande électrique avec groupe Ilgner est encours de montage.

Le train moderne de 325 mm, récupéré et réinstallé, a été doublé par un train de 275 mm à grande production pouvant fabriquer le fil machine.

Les ateliers de finissage et de parachèvement ont été étudiés à nouveau et reconstruits avec l'outillage mécanique permettant de satisfaire économiquement tous les besoins de la clientèle. Les machines sont actuellement en montage.

Une nouvelle cité ouvrière de 88 logements est en cours de construction.

Division de Louvroil : Nouvelle usine. — Les deux hauts fourneaux ont été reconstruits et sont en ordre de marche.

L'aciérie Thomas, complètement détruite, a été recons-

(1) Depuis que ces lignes ont été écrites, M. Léon Bourgeois a donné, dans une communication à l'Académie des Sciences morales et politiques, un exposé complet de ses vues personnelles sur l'avenir de la Société des Nations et plus particulièrement sur la « Commission de Coopération intellectuelle », créée récemment sur son initiative.

Digitized by Google

truite en utilisant en grande partie le matériel récupéré de l'usine de Wingles (Société de Pont-à-Vendin).

Le train reversible et sa machine motrice, récupérés en Allemagne, sont réinstallés. On achève le montage de l'arrière du train qui avait été détruit.

La batterie de chaudières et la centrale à vapeur sont en marche et fournissent la force motrice à l'ancienne usine (laminoirs).

La société a commencé la construction d'une centrale à gaz destinée à l'utilisation économique des gaz de ses hauts fourneaux pour la fourniture de la force motrice de toute la division. Elle comprendra trois soufflantes de hauts fourneaux et trois moteurs de 2 750 ch. Les fondations de cette installation sont terminées, le montage des bâtiments est en cours.

Ancienne usine. — Les trains existant en 1914 avaient été complètement détruits. Ils ont été remplacés par un ensemble de petits trains modernes à grande production et à commande électrique, permettant la fabrication de tous les petits profils demandés par la clientèle, les installations fonctionneront à la fin de l'année.

Comme à Valenciennes, la construction d'une nouvelle cité ouvrière d'une centaine de logements sera terminée au début de l'année 1923.

Parmi les compagnies dans lesquelles la société a des participations il faut citer : la Société des Usines métallurgiques de la Basse-Loire ; les Forges et Aciéries du Nord et de Lorraine ; la Société métallurgique du Pont-à-Vendin ; les Charbonnages de Limbourg-Meuse ; les Charbonnages de Beeringen ; les Charbonnages de Gouy-Servins ; les Charbonnages du Levant de Mons ; toutes ces sociétés travaillent à la reconstitution de leur exploitation.

Durant l'exercice la société a participé aux deux emprunts du Groupement de la grosse Métallurgie pour une somme de 109 221 283 fr.

Les produits de l'exploitation, les revenus du portefeuille et des participations et divers forment un total de 6 millions 431 237,17 fr, dont il faut déduire pour frais généraux, allocation au Conseil d'administration, subventions et allocations diverses, abonnement au timbre, intérêts, escomptes et commissions, 5 628 496,18 fr, ainsi que l'amortissement de la division de Pienne, 171 804,19 fr, ce qui laisse un bénéfice net de 630 936,59 fr, auquel s'ajoute le solde reporté de l'exercice précédent 1 355 188,77 fr Ce solde est reporté à nouveau soit au total 1 986 125,36 fr.

Bilan au 30 juin 1922.

Actif.

	fr	
Dommages de guerre :		
Division de Valenciennes	13 914 138,40	
Nouvelle Aciérie de Valenciennes	39 904 781,47	
Division de Pienne	13 549 758,95	
— de Louvroil	22 764 336,95	
Pont-à-Vendin (cession dommages de guerre).	19 216 302,65	
Approvisionnements et produits fabriqués	12 154 734,20	
Reconstitution industrielle	221 811 140,05	
Mines, immeubles, machines, matériel, outils et meubles :		
Division de Nancy :		
Dépenses antérieures à l'exercice	10 790 938,30	
Dépenses de l'exercice	395 017,44	
Division de Valenciennes :		
Dépenses antérieures à l'exercice	725 718,86	
Dépenses de l'exercice	375 550,77	
Nouvelle Aciérie de Valenciennes :		
Dépenses antérieures à l'exercice	9 213,65	
Division de Louvroil :		
Dépenses antérieures à l'exercice	670 493,13	
Dépenses de l'exercice	218 068,85	
A reporter		356 498 093,07

Report		356 498 093,07
Division de Pienne :		
Dépenses antérieures à l'exercice	130 555,50	
Dépenses de l'exercice	157 243,35	
Titres de rente pour pensions diverses	31 631,25	
Cautionnements	87 652,04	
Groupement de la grosse Métallurgie. Avances pour coupons	3 276 638 »	
Portefeuille et participations :		
Versements effectués	71 375 641,06	
Versements restant à effectuer	65 972 785 »	
Caisses et banques	47 872 177,50	
Effets à recevoir et bons à échéance	1 811 629,20	
Clients	5 012 380,75	
Débiteurs divers	60 361 347,59	
Approvisionnements, produits extraits, fabriqués et en fabrication	6 797 609,17	
Comptes d'ordre divers	23 797 »	
		619 411 251,19

Passif.

	fr	
Capital social	77 425 000 »	
Réserve légale	7 742 500 »	
Réserve spéciale devant être affectée à des dépenses de premier établissement	3 575 617,35	
Obligations amorties	5 725 000 »	
Fonds de prévoyance	8 443 185,15	
Provisions industrielles diverses	16 838 601,35	
Provision pour fournitures avec garantie	227 288,50	
Provision pour réfection de hauts fourneaux	662 526,11	
Fonds d'assurance contre incendie	253 563,35	
Fonds d'assurance contre les accidents	544 328,40	
Fonds de secours de la société au personnel	423 224,01	
Fonds servant à améliorer les conditions d'existence du personnel	271 019,20	
Amortissements :		
Division de Valenciennes	14 011 042,90	
Nouvelle Aciérie de Valenciennes	5 193 457,85	
Division de Pienne	6 718 540,45	
Division de Louvroil	14 261 346,00	
Division de Nancy	10 277 688,65	
Participations (actions minières et métallurgiques)	7 406 814,85	
Reconstitution industrielle :		
Crédits obtenus et réalisés	196 323 647,85	
Crédits obtenus non encore encaissés	30 643 941,68	
Obligations 4 pour 100	14 475 000 »	
Obligations 4,5 pour 100	5 600 000 »	
Obligations 6 pour 100	30 000 000 »	
Obligations 6 pour 100. Groupement grosse Métallurgie	pour mémoire	
Pont-à-Vendin. Comptes spéciaux	56 114 094,81	
Effets à payer	4 238 523,21	
Fournisseurs	18 256 644,68	
Créditeurs divers	12 926 863,24	
Main-d'œuvre	457 269,40	
Retraites ouvrières	84 172,18	
Coupons d'actions échus, non encore présentés	461 122,05	
Intérêts d'obligations et intérêts moratoires sur coupons	1 306 305,14	
Obligations sorties non remboursées	370 615,65	
Intérêts des obligations courus et non échus	94 500 »	
Versements restant à appeler sur titres non libérés	65 972 785 »	
Comptes d'ordre divers	26 936,83	
Profits :		
Bénéfices reportés de l'exercice antérieur	1 355 188,77	
Bénéfices nets de l'exercice 1921-1922	630 936,59	
		619 411 251,19

Digitized by Google

SECTION DE LÉGISLATION

Législation, jurisprudence, réglementation

Sur l'application de la contribution sur les bénéfices de guerre.

Le « Journal officiel » du 21 octobre 1922 publie à ce sujet, pages 3782 et 3783 des « Débats parlementaires, Chambre des Députés », diverses questions et réponses que nous reproduisons ci-dessous.

14646. — M. Le Guen, député, expose à M. le ministre des Finances que, dans sa réponse à la question n° 13368, il a indiqué que l'administration admet qu'il soit tenu compte dans la fixation des bénéfices de guerre de la 6e période, de l'impôt sur les bénéfices commerciaux, des années 1918 à 1920, non acquitté au 30 juin 1920, et demande si, dans le cas de non-imposition pour la dernière période quel qu'en soit d'ailleurs le motif, il n'y aurait pas lieu de rattacher ces impôts, en vue d'un dégrèvement, le cas échéant, aux exercices au cours desquels ils auraient dû normalement être payés. (Question du 12 octobre 1922.)

Réponse. — Dans le cas où un contribuable a cessé d'être soumis à la contribution extraordinaire pour la 6e période (1er janvier-30 juin 1920), l'administration admet que les cotisations qui lui ont été réclamées au titre de l'impôt sur les bénéfices industriels et commerciaux pour les années 1918 et 1919 et dont il n'a pu tenir compte lors de l'établissement de ses déclarations soient, sur sa demande, imputées sur les bénéfices qu'il a réalisés au cours de cette dernière année. Quant à la cotisation afférente à l'année 1920, elle doit, si l'intéressé au cours des six premiers mois de ladite année a subi un déficit lui donnant droit à détaxe, être considérée comme venant jusqu'à concurrence de six douzièmes en augmentation de ce déficit.

14647. — M. Le Guen, député, demande à M. le ministre des Finances, dans quelle forme doit être adressée aux intéressés, le cas échéant, la notification du recours de l'administration contre les décisions de la commission du premier degré, et si cette notification ne doit pas, sous peine de non-recevabilité du recours, contenir l'énoncé des conclusions de l'administration qui l'a motivée. (Question du 12 octobre 1922.)

Réponse. — Aucune disposition législative ou réglementaire n'impose à l'administration de forme déterminée pour notifier aux contribuables les recours présentés par les directeurs des contributions directes contre les décisions rendues par les commissions du premier degré. L'administration n'est pas tenue, en particulier, lorsqu'elle notifie ces recours aux contribuables, de leur en indiquer les conclusions; mais, en vertu de l'article 4 du décret du 12 juillet 1916, les intéressés peuvent, dans un délai de dix jours, à dater de la notification, prendre connaissance, au secrétariat des commissions du premier degré, des recours eux-mêmes, ainsi que des autres pièces de leur dossier.

16648. — M. Le Guen, député, demande à M. le ministre des Finances : 1° en cas de recours de l'administration contre une décision de la commission du premier degré sur les bénéfices de guerre, s'il n'y a pas lieu de notifier ce recours aux intéressés; 2° dans le cas de l'affirmative, quels sont les délais accordés pour l'exécution de cette formalité. (Question du 12 octobre 1922.)

Réponse. — En cas d'appel du directeur des contributions directes contre une décision rendue par la commission du premier degré, la partie intéressée doit, aux termes de l'article 4 du décret du 12 juillet 1916, fixant les conditions de fonctionnement de la commission supérieure, être avisée qu'elle peut prendre connaissance du dossier de l'affaire au secrétariat de la commission du premier degé dans un délai de dix jours et qu'un second délai de quinze jours lui est ensuite ouvert pour produire ses observations. Bien qu'aucun délai n'ait été imposé à l'administration pour l'envoi de cet avis, il va de soi qu'il doit être adressé aux intéressés aussitôt que possible.

14649, 14650, 14651. — M. Le Guen, député, demande à M. le ministre des Finances : 1° quels sont, en matière de bénéfices de guerre, les divers cas dans lesquels l'administration a le droit de contester ou de faire reviser les impositions établies par la Commission du premier degré et d'après quels textes et dans quels délais elle peut être admise à faire varier ses droits; 2° si, en cas de recours d'un contribuable devant la Commission supérieure sur les bénéfices de guerre, contre des décisions concernant les cinq premières périodes et portant sur des points bien déterminés, l'administration qui n'a pas contesté ces décisions dans le délai d'un mois, a le droit de faire porter sa vérification nouvelle sur des points autres que ceux spécialement contestés, étant donné, par ailleurs, que la Commission du premier degré ne peut plus valablement statuer sur ces points après le 30 juin 1922; 3° si les mémoires présentés à l'appui de recours devant la Commission supérieure doivent être établis sur timbre et, dans l'affirmative, s'il n'y aurait pas lieu d'inviter les intéressés à les régulariser avant d'en décider l'irrecevabilité; 4° si, en cas de recours de l'administration contre une décision de la Commission du premier degré sur les bénéfices de guerre, il n'y a pas lieu de notifier ce recours aux intéressés et, dans l'affirmative, quels sont les délais accordés pour l'exécution de cette formule. (Questions du 12 octobre 1922.)

Réponse. — 1° Conformément aux dispositions de l'article 11 de la loi du 1er juillet 1916, l'Administration des Contributions directes peut, dans le délai d'un mois, faire appel de toute décision de la Commission du premier degré qu'elle juge contraire aux droits du Trésor. Par ailleurs, aux termes de l'article 15 de la même loi, elle peut demander à la Commission du premier degré de réparer les omissions qu'elle a constatées et les impositions supplémentaires correspondantes peuvent être valablement effectuées jusqu'à l'expiration des délais fixés par l'article 14 de la loi du 25 juin 1920 pour l'établissement des cotisations. Enfin, si, à l'occasion de l'examen d'un pourvoi introduit par un contribuable, l'Administration des Contributions directes relève une omission ou une atténuation d'impôt, elle peut, conformément à la jurisprudence du Conseil d'Etat, demander reconventionnellement, tant que la Commission supérieure ne s'est pas prononcée sur l'affaire, le redressement de l'insuffisance constatée; 2° en cas d'appel formé par un contribuable devant la Commission supérieure, celle-ci peut être saisie par le Directeur des Contributions directes d'une demande reconventionnelle. Il importe, dès lors, pour que cette haute juri-

Digitized by Google

diction soit à même de se prononcer en connaissance de cause, que l'enquête à laquelle il doit être procédé par la Commission du premier degré s'applique, non seulement aux points contestés par le contribuable, mais à l'ensemble des circonstances de l'affaire. La Commission du premier degré n'est d'ailleurs appelée qu'à fournir un avis et c'est à la Commission supérieure seule qu'il appartient de statuer; 3° d'après la jurisprudence du Conseil d'Etat, les mémoires produits à l'appui de recours introduits devant la Commission supérieure doivent être présentés sur papier timbré. Lorsqu'ils ont été présentés sur papier libre, aucune disposition légale n'oblige la Commission supérieure à inviter les contribuables à les régulariser. Toutefois, ce vice de forme doit être relevé par les commissions du premier degré dans les avis qu'elles sont appelées à fournir sur les pourvois, et comme ces avis sont mis, en même temps que les autres pièces des dossiers, sous les yeux des contribuables qui en expriment le désir, les intéressés sont ainsi avertis d'avoir à produire leurs mémoires sur timbre, s'ils ne veulent pas qu'ils soient déclarés irrecevables par la Commission supérieure; 4° lorsqu'un directeur des Contributions directes a fait appel d'une décision de la Commission du premier degré, la partie intéressée doit, aux termes de l'article 4 du décret du 12 juillet 1916, fixant les conditions de fonctionnement de la Commission supérieure, être avisée qu'elle peut prendre connaissance du dossier de l'affaire au secrétariat de la Commission du premier degré dans un délai de dix jours, et qu'un second délai de quinze jours lui est ensuite ouvert pour produire ses observations. Bien qu'aucun délai n'ait été imposé à l'administration pour l'envoi de cet avis, il va de soi qu'il doit être adressé aux intéressés aussitôt que possible.

14652. — M. Léon Escoffier (Drôme), député, expose à M. le ministre des Finances le cas d'un assujetti à la contribution extraordinaire sur les bénéfices de guerre, qui a demandé qu'une partie de sa contribution soit imputée sur le montant de ses dommages de guerre reconnus par titre définitif, et demande si la loi du 10 août 1922, autorisant et obligeant même les agents du recouvrement à prendre inscription hypothécaire sur les biens des assujettis, qui, à la date prévue par ladite loi, ne se sont pas libérés de leur contribution extraordinaire, permet à ces mêmes agents d'exercer leur droit jusqu'à concurrence de la totalité de la somme restant due, y compris la portion pour laquelle l'imputation sur dommages de guerre a été demandée et obtenue, ajoutant que l'imputation semble cependant être libératoire au même titre que le payement en espèces ou en titres. (Questions du 12 octobre 1922.)

Réponse. — L'imputation de contributions directes sur une indemnité pour réparation de dommages de guerre est, en effet, libératoire pour le contribuable. Toutefois, pour dispenser un percepteur de l'obligation de faire inscrire le privilège du Trésor sur les biens d'un débiteur de contribution extraordinaire sur les bénéfices de guerre, il est indispensable que l'imputation de l'impôt sur l'indemnité ait été réalisée ou tout au moins que le compte du contribuable sinistré ait été débité. Jusqu'à ce que l'imputation ait été faite, le titre de créance du Trésor subsiste et l'administration ne saurait se dispenser de faire inscrire le privilège à titre de mesure conservatoire. Il convient de ne pas perdre de vue que le défaut d'inscription dans le délai légal a pour sanction la dégénérescence du privilège en une simple hypothèque et que, dans ces conditions, un percepteur saisi d'une demande d'imputation qu'il ne possède pas les moyens d'apprécier ne peut surseoir à l'inscription. Par contre, l'inscription du privilège pour des cotes ou fractions de cotes déjà imputées sur une indemnité pour réparation de dommages de guerre serait abusive, et l'administration ne manquerait pas de faire annuler ou réduire l'inscription irrégulière, si elle avait connaissance d'une espèce semblable.

14654. — M. Léon Escoffier (Nord), expose à M. le ministre des Finances que le Trésor crée à son profit une distinction qui n'existe pas dans la loi de 1919 sur les dommages de guerre pour les autorisations de cession, que le principe de la loi est la dispense du timbre et d'enregistrement, sans distinction, qu'il y ait décision de commission sur le chiffre du dommage ou qu'il n'y ait pas encore de décision, qu'actuellement on exige timbre, enregistrement, droits, etc., quand il y a décision de commission, que cela est grave pour les cessions peu importantes qui constituent maintenant la majorité, et demande si cette distinction est légale et s'accorde avec la loi 1919. (Question du 12 octobre 1922.)

Réponse. — L'exonération de droits de timbre et d'enregistrement édictée par l'article 49 de la loi du 17 avril 1919, modifié par l'article 2 de la loi du 18 juillet 1922, ne concerne que les cessions ou délégations de droits à indemnité non encore liquidée (déclaration du rapporteur à la deuxième séance de la Chambre du 10 avril 1919, *Journal officiel* du 11 avril, débats, p. 1852, 3e col.). Lorsque au contraire une décision définitive est intervenue, la cession a pour objet une créance sur l'Etat devant se résoudre ou consistant même déjà en une inscription sur le Grand-Livre: cette cession est exempte du droit et même de la formalité de l'enregistrement (loi du 22 frimaire an VII, art. 70, § 3), mais elle reste soumise au timbre à défaut de disposition spéciale à cet égard.

14659. — M. Maillard, député, expose à M. le ministre des Finances qu'un certain nombre d'assujettis à la contribution sur les bénéfices de guerre ont reçu avis des décisions les concernant pour les exercices imposables 1914 à 1920, mais que certaines commissions estiment qu'elles n'ont pas de décision à émettre concernant 1920, si elles considèrent que cet exercice n'est pas imposable, alors même que le contribuable a demandé la détaxe pour les pertes qu'il estime avoir éprouvées en 1920; que le contribuable n'ayant pas en main d'avis de décision se trouve empêché d'exercer un recours devant la commission supérieure, et demande au ministre quel moyen devra employer ce contribuable pour obliger une commission du premier degré à rendre sa décision sur 1920 ou comment, s'il ne peut obtenir cet avis de décision, il devra opérer pour se pourvoir devant la Commission supérieure. (Question du 12 octobre 1922.)

Réponse. — En ce qui touche spécialement chacune des périodes d'application de la loi sur les bénéfices de guerre, le rôle des commissions du premier degré consistant uniquement à fixer, s'il y a lieu, le montant du bénéfice supplémentaire, ces commissions n'ont pas à prendre de décision lorsque les résultats obtenus par un contribuable au cours d'un exercice déterminé ne se sont pas traduits par un bénéfice imposable. Mais lorsqu'un contribuable, ayant subi au cours d'une période d'application de la contribution extraordinaire un déficit par rapport à son bénéfice normal, a présenté une demande en détaxe, remettant ainsi en cause, non pas une année déterminée, mais l'ensemble de toutes les périodes d'imposition, cette demande doit faire l'objet de la part de la commission du premier degré d'une décision constatant l'importance du déficit, et la décision ainsi rendue est susceptible d'être attaquée devant la Commission supérieure dans les formes et délais habituels.

Digitized by Google

REVUE GÉNÉRALE DE L'ÉLECTRICITÉ

Organe de l'Union des Syndicats de l'Électricité

réunissant

LA REVUE ÉLECTRIQUE 1904-1916 — LA LUMIÈRE ÉLECTRIQUE 1879-1916

DIRECTEUR : J. BLONDIN, Agrégé de l'Université.

6e ANNÉE. — TOME XII. — N° 22. — 2 DÉCEMBRE 1922.

Chronique. — Commission électrotechniqne internationale : Réunion de Genève des Comités d'Études, p. 833-834.

Section scientifique et technique. — Machine d'extraction électrique avec groupe convertisseur Ward Leonard Ilgner; recherche des relations entre la vitesse angulaire du groupe et le temps, le long d'un diagramme; énergie dissipée dans la résistance liquide de glissement, par G. HACAULT, p. 835. — Revues, analyses et informations : Sur la variation de l'intensité du courant de décharge dans les tubes à vide avec la température (recherches relatives à l'air, l'hydrogène et l'anhydride carbonique), p. 841.

Section industrielle. — Les progrès récents de l'horlogerie électrique, par M. LAVET, p. 845. — Note sur la conduite des réseaux à courants alternatifs, par E. POIRSON, p. 855. — Sur l'emploi de l'huile dans les transformateurs, par H. MERCIER, p. 858. — Revues, analyses et informations : Choix de la tension aux bagues dans les moteurs asynchrones ayant un induit constitué par un enroulement à doubles barres, p. 861; L'enregistrement des signaux radiotélégraphiques à grande vitesse, p. 863.

Section économique et financière. — Le nouveau régime des chemins de fer, les résultats de la période de transition, par FERNAND-JACQ, p. 865. — Assemblées générales : Société Electro-Câble, p. 868.

Erratum, p. 868.

Section de législation. — Droits d'enregistrement et de transcription, résumé des principes élémentaires et des innovations récentes, par Paul BOUGAULT, p. 869.

AVIS : Renouvellement des abonnements. — *Nous prions instamment ceux de nos lecteurs dont l'abonnement expire fin décembre de bien vouloir nous adresser le montant de leur renouvellement pour 1923 (75 fr pour la France, 90 fr pour l'étranger) avant le 15 décembre prochain, date à partir de laquelle nous en ferons faire le recouvrement par la poste pour Paris et les départements (frais de recouvrement en plus, 2,15 fr).*

Nous rappelons à nos lecteurs qu'ils peuvent déposer le montant de leur abonnement dans n'importe quel bureau de poste à notre compte de chèques postaux : Paris 239-86, en remplissant la formule que nous avons insérée dans notre numéro 19 du 11 novembre 1922. Les frais ne sont alors que de 0,15 fr.

Commission électrotechnique internationale : Réunion de Genève des Comités d'Etudes. —

La semaine dernière, du 20 au 26 novembre 1922, a eu lieu, à Genève, la réunion de quelques-uns des comités institués par la Commission électrotechnique internationale en vue d'étudier diverses questions portées au programme de la prochaine réunion plénière de la Commission : Spécifications des machines électriques, Nomenclatures et symboles, Tensions de transmission et de distribution, Unification des douilles et culots à vis des lampes à incandescence.

Douze nations étaient représentées à cette réunion de Genève par soixante-deux délégués (1).

Ne pouvant donner dès maintenant un compte rendu fidèle et complet des séances tenues à Genève, nous devons nous borner à indiquer ici quelques-unes des questions traitées et les solutions qui en ont été proposées :

SPÉCIFICATION DES MACHINES ÉLECTRIQUES. — La réunion plénière, tenue à Londres en 1919, a adopté diverses règles élaborées en 1912, permettant « de faire une comparaison

(1) Voici la liste de ces délégués :

Bureau de la Commission électrotechnique internationale : M. C.-O. Mailloux, président; M. le colonel Crompton, secrétaire honoraire; M. Le Maistre, secrétaire général.

Allemagne : MM. L. Fleischmann, D. Kloss, Romane, Rüdenberg, Strecker.

Belgique : MM. Dupont, Léon-Gérard, M. Gevaert, Moreau, Wiener.

Espagne : M. Morillo.

Etats-Unis : MM. C.-L. Collins, M.-D. Cooper, Doane, George Harries, H.-M. Hobart, Mac Grath, F.-V. Magalhaes, C.-H. Sharp, C.-E. Skinner, Wheeler.

France : MM. J. Blondin, P. Boucherot, E. Brylinski, Darrieus, C. Duval, R. Girault, Lorin, N. Rechniewski, E. Roth, Valensi, Zetter.

Grande-Bretagne : MM. Attwell, E.-G. Batt, A.-R. Everest, Richard Glazebrook, P. Good, H. Gunton, P.-V. Hunter, J.-S. Peck, C. Roogers, Roger Smith, C.-C. Wharton.

Hollande : M. Holst.

Indes anglaises : M. J.-W. Meares.

Italie : MM. Barbagelata, Del Buono, E. Morelli, Guido Semenza, Vannotti

Norvège : M. Skanoke.

Suède : MM. S. Norberg, Rossander.

Suisse : MM. Behn-Eschenburg, Belli, E. Huber, Hunziker, de Montmollin, Sulzberger, Wyssling.

Tous ces délégués n'ont pu être réunis dans le groupe dont la photographie est reproduite sur la page suivante : quelques-uns, comme nos collègues, MM. Valensi et Zetter, qui n'étaient convoqués que pour les dernières séances, n'étaient pas encore arrivés; d'autres, comme notre collègue M. Duval, qui avait à rédiger d'urgence un rapport pour la séance du lendemain, se trouvaient retenus par des occupations personnelles.

Digitized by Google

entre propositions de machines de fabrications différentes », règles applicables « aux machines rotatives dont la tension entre bornes n'excède pas 5000 v, ou dont la puissance normale n'excède pas 750 kv-a, ou dont le noyau n'excède pas 50 cm de longueur mesurée parallèlement à l'axe ». Ces prescriptions prévoient deux régimes de fonctionnement : le *régime continu* qui est celui « pouvant être soutenu à l'essai, pendant un temps illimité, sans que les limites fixées par les les règles C. E. I., quant à l'échauffement, soient dépassées. » ; le *régime à temps limité* qui est celui « pouvant être soutenu, à l'essai, pendant le temps spécifié pour ce régime, l'essai étant commencé lorsque la machine est froide, sans que les limites fixées par les règles C. E. I., quant à l'échauffement, soient dépassées ». Ces deux régimes ne prévoient pas de surcharges.

Le Comité britannique estimant que, malgré ses efforts répétés, il se trouvait dans l'impossibilité d'imposer la prescription d'un régime sans surchargss pour certaines classes de machines demandait que la Commission internationale adoptât un régime de service dans lequel, après une marche continue à puissance constante donnant un échauffement de 40°C, une surcharge de 25 pour 100 de cette puissance pourrait être maintenue pendant deux heures.

De son côté, le Comité américain demandait que l'on s'en tint aux règles primitives ou que, si l'on envisageait une réglementation prévoyant un régime avec surcharge, le taux de cette surcharge ne soit pas garanti.

Après de vives discussions qui ne durèrent pas moins de quatre jours et demi, le Comité des Spécifications se mit d'accord sur une proposition qui respecte les principes des règles élaborées en 1912. D'après cette proposition, on établira des tableaux permettant de fixer la puissance nominale

Réunion de Genève des Comités d'études de la Commission électrotechnique internationale.

Au milieu du premier rang : M. Mailloux, président de la Commission ; à sa droite : MM. Semerza, Strecker, R, Glasebrook ; à sa gauche : MM. le colonel Crompton, Boucherot, Wheeler.
Au second rang se trouvent à droite de M. Mailloux : M. Brylinski, président du Comité électrotechnique français, à sa gauche : M. le Maistre, secrétaire général de la Commission internationale.
Les délégués français sont placés : à l'extrémité gauche du second rang : M. Girault ; à l'extrémité droite du troisième rang : M. Rechniewski ; au quatrième rang : MM. J. Blondin (3e à partir de la gauche), Roth (4e), Darrieus (5e) et Lorin (7e).

C. E. I. de divers types de machines pouvant fonctionner avec divers taux de surcharge pendant certains temps déterminés, sans dépasser les températures limites admises, pour une température ambiante de 40°C et pour une température ambiante de 30° C.

TENSIONS DES LIGNES DE TRANSMISSION ET DE DISTRIBUTION. — A la réunion tenue à Bruxelles en 1920 (1) avait été dressé un tableau donnant les valeurs qu'il convient de recommander en vue de l'unification des tensions aux points d'utilisation. Avec divers échanges de vues, les valeurs indiquées à Bruxelles ont été confirmées avec cette remarque que, pour les basses tensions, il convenait de recommander particulièrement la tension de 110-115 v, laquelle, suivant les délégués américains, donne lieu pour l'éclairage à un rendement global plus grand que la tension de 220-240 v. En ce qui concerne les hautes tensions, il a été convenu que le Comité belge serait chargé de rassembler les documents concernant la réglementation des lignes à haute tension dans les divers pays et de transmettre aux autres comités nationaux un rapport sur ce sujet.

Dans un prochain numéro nous reviendrons sur quelques autres questions. Mais, auparavant, un devoir agréable nous incombe : remercier le Comité électrotechnique suisse et la municipalité de Genève de leur bienveillant accueil. Nos remerciements s'adressent également aux ingénieurs qui ont organisé les visites techniques que nous avons faites aux Ateliers de Sécheron, au poste de transformation de Chèvres établi pour 100000 volts et aux chantiers de l'usine hydro-électrique de Pougny-Chancy ; ils s'adressent aussi au secrétaire général de la Société des Nations qui nous a exposé le fonctionnement de cet organisme international. — J. B.

(1) *Revue générale de l'Electricité*, 10 avril 1920, t. VIII, p. 481.

Digitized by Google

SECTION SCIENTIFIQUE & TECHNIQUE

Machine d'extraction électrique avec groupe convertisseur Ward Léonard Ilgner

Recherche des relations entre la vitesse angulaire du groupe et le temps, le long d'un diagramme Energie dissipée dans la résistance liquide de glissement

L'auteur envisage une installation d'extraction avec groupe convertisseur Ilgner, il se propose, notamment, de rechercher l'expression mathématique des différentes lois $\omega = f(t)$ qui régissent, pour une hypothèse donnée, les variations de la vitesse angulaire du groupe en fonction du temps, au cours d'une cordée complète; l'intérêt pratique de cette étude sera de permettre de vérifier que la chute de vitesse angulaire maximum ne dépasse pas la limite qu'on s'est fixée à l'avance en vue de la détermination du moment d'inertie du volant. De plus, les considérations générales dont il a été fait usage dans cette étude pour établir les lois $\omega = f(t)$ relatives aux différentes parties du diagramme d'une machine d'extraction pourront servir de guide aux ingénieurs désireux de rechercher l'expression mathématique de la loi d'un phénomène donné.

I. **Considérations générales.** — Quand une compagnie minière, ayant à installer, à notre époque, une nouvelle machine d'extraction, a choisi, entre les différents modes de commande électrique en présence, le système dit « Léonard », ce n'est plus que rarement qu'elle estime nécessaire d'adjoindre un volant au groupe convertisseur.

Cette décision trouve sa justification principale dans ce fait que l'extension des applications de l'électricité aux différents services de la mine, a conduit à accroître notablement l'importance des stations centrales productrices d'énergie électrique, notamment de celles qui ont été détruites pendant la guerre et qui sont à réédifier entièrement.

On conçoit que ces centrales comportant des unités turbo-alternateurs de grande puissance (5 à 10 000 kw ou même plus), soient beaucoup moins sensibles qu'elles ne l'étaient autrefois aux pointes de puissance de tout diagramme de machine d'extraction et qu'un organe spécial de régularisation ne paraisse pas, à priori, indispensable.

Le rapport d'une surcharge ou décharge momentanée, même importante, en un point du réseau, à la puissance de la centrale a changé de valeur.

Il se présentera, cependant, encore de nombreux cas où l'installation d'un volant s'imposera.

Il en sera ainsi, par exemple, pour les Mines qui posséderont à la fois une centrale de faible importance et une machine d'extraction électrique très puissante avec de fortes pointes ou encore qui recevront leur énergie électrique d'un réseau de distribution n'admettant pas de fortes et fréquentes variations de puissance.

Le but de la présente étude n'est pas de rechercher une méthode de calcul du PD^2 d'un volant, la méthode simple habituellement employée étant suffisante; mais de vérifier qu'étant donné un volant de moment d'inertie I calculé en fonction d'un glissement maximum G préalablement fixé, le glissement réel, résultant de la variation de puissance instantanée du diagramme, ne dépasse cette valeur G, et qu'en conséquence le moment d'inertie I est suffisant.

Dans ce qui va suivre, nous rechercherons donc les différentes lois de la variation de la vitesse angulaire d'un groupe convertisseur Ilgner, en fonction du temps; on pourra en déduire, en sus de la vérification dont il est question au paragraphe précédent, la valeur de l'énergie que doit absorber le rhéostat liquide et, par suite, ses dimensions minima.

Rappelons en quelques mots d'abord que l'addition d'un volant au groupe convertisseur a pour but de régulariser la puissance prise au réseau par le moteur asynchrone du groupe, et que, pour atteindre ce résultat, il faut faire varier automatiquement la vitesse angulaire du groupe en insérant, à l'aide d'un appareil spécial dit « régulateur de glissement », une résistance variable dans le circuit du rotor du moteur d'induction. La valeur de la résistance est caractérisée à chaque instant par la condition que l'intensité (ou la puissance) prise au réseau reste sensiblement constante.

Soit :

P_n, la puissance nominale utile du moteur, en kilowatts;

Ω, la vitesse angulaire synchrone, en radians;

ω_n, la vitesse angulaire, en radians, pour le couple normal C_n (bagues court-circuitées du moteur).

C_n, le couple normal, en mètres-kilogrammes;

ω_r, la vitesse angulaire pour le couple C_r (qui est

Digitized by Google

celui au-dessus duquel on désire que le régulateur de glissement entre en action) et pour la résistance minimum (électrodes à fin de course) ;

I, le moment d'inertie des masses tournantes, en kilogrammes-mètres carrés, supposé connu ;

101,9, le rapport entre la puissance utile fournie par le moteur exprimée en kilogrammètres-seconde et la même puissance exprimée en kilowatts ;

c, le couple variable utile du moteur, en mètres-kilogrammes ;

ω, la vitesse angulaire variable du moteur, en radians par seconde ;

p, la puissance instantanée fournie par le moteur exprimée en kilowatts ;

t, le temps variable, en secondes ;

P, la puissance variable qui doit être fournie sur l'arbre de la dynamo du groupe convertisseur, en kilowatts.

Un théorème de mécanique rationnelle bien connu permet d'écrire la relation entre c, ω, I et p, à un moment donné t :

La puissance fournie par le moteur (p) plus la puissance fournie par le volant égalent la puissance demandée (P), c'est-à-dire que l'équation différentielle définissant le mouvement est

$$c\,\omega - I\frac{d\omega}{dt}\,\omega = P.$$

II. **Rappel de quelques formules générales.** — Avant d'aborder le problème relatif aux machines d'extraction elles-mêmes, nous rappellerons les formules qu'on a coutume d'utiliser pour d'autres applications (laminoirs, par exemple) et dans certaines hypothèses où P a une valeur particulièrement simple. Ces hypothèses sont les suivantes :

1° Le couple résistant C est constant et égal à C_a ;

2° La puissance P est constante et égale à P_a.

Nous rechercherons pour chacune de ces deux hypothèses la loi $\omega = f(t)$, dans les deux cas suivants :

A) Le moteur fournit le couple C_r, le régulateur est en action et sa résistance ohmique varie à chaque instant ;

B) La résistance est fixe (minimum), les électrodes sont au repos et le couple fourni par le moteur ($c < C_r$) varie à chaque instant.

I. Couple C constant. — A) *Le régulateur de glissement est en action.* — La puissance p instantanée fournie par le moteur est alors $p = C_r\,\omega$ et on a la relation

$$C_r - I.\frac{d\omega}{dt} = C_a$$

qui s'intègre immédiatement et donne

$$\omega = \omega_1 + \frac{C_r - C_a}{I}\,t, \qquad (1)$$

ω_1 étant la vitesse au temps $t = 0$.

B) *Le régulateur de glissement n'est pas en action.* — Le rotor du moteur asynchrone est en série avec une résistance fixe r_{min}, et on peut écrire, avec une approximation suffisante, que le couple utile est proportionnel au glissement, ou

$$\frac{c}{1 - \frac{\omega}{\Omega}} = \frac{C_n}{1 - \frac{\omega_n}{\Omega}} = C_0.$$

L'équation définissant le mouvement sera

$$C_0\left(1 - \frac{\omega}{\Omega}\right) - I\frac{d\omega}{dt} = C_a,$$

ou

$$\frac{d\omega}{dt} = a - k\omega$$

si l'on pose

$$\frac{C_0}{\Omega I} = k$$

et

$$\frac{C_0 - C_a}{I} = a.$$

L'intégration s'opère en posant

$$\omega = uz$$

avec la condition

$$\frac{du}{dt} + ku = 0.$$

On tire

$$u = e^{-kt};$$

puis

$$z = \frac{a}{k}e^{kt} + C'^{te};$$

et

$$\omega = uz = \frac{a}{k} + \left(\omega_1 - \frac{a}{k}\right)e^{-kt}, \qquad (2)$$

ou

$$\omega = \Omega\,\frac{C_0 - C_a}{C_0} - \left(\Omega\,\frac{C_0 - C_a}{C_0} - \omega_1\right)e^{-kt}. \qquad (2')$$

Réciproquement, si l'on veut connaître le temps t correspondant à une valeur ω donnée, on a

$$-kt = \log_e \frac{\omega - \frac{a}{k}}{\omega_1 - \frac{a}{k}}$$

Digitized by Google

ou

$$t = \frac{1}{k} \log_e \frac{\omega_1 - \Omega \dfrac{C_0 - C_a}{C_0}}{\omega - \Omega \dfrac{C_0 - C_a}{C_0}}.$$

II. Puissance P constante. — A) *Le régulateur de glissement est en action.* — On a alors

$$C_r \omega - I\omega \frac{d\omega}{dt} = P_a,$$

ou

$$\frac{d\omega}{dt} = a - \frac{b}{\omega},$$

ou

$$dt = \frac{\omega\, d\omega}{a\omega - b} = \frac{1}{a^2}\left(1 + \frac{b}{z}\right) dz,$$

si on pose

$$\frac{C_r}{I} = a,$$

$$101{,}9\,\frac{P_a}{I} = b,$$

et

$$a\omega - b = z.$$

Cette équation, après intégration et détermination de la constante pour $t = 0$, devient

$$t = \frac{1}{a}(\omega - \omega_1) + \frac{b}{a^2} \log_e \frac{a\omega - b}{a\omega_1 - b}. \qquad (3)$$

Il est facile de tirer t de l'équation (3) quand ω est donné.

Réciproquement, si l'on veut trouver ω correspondant à une valeur donnée de t, on posera

$$\log_e \frac{a\omega - b}{a\omega_1 - b} = y,$$

et l'équation deviendra

$$e^y + \frac{b}{a\omega_1 - b}\, y = 1 + \frac{a^2}{a\omega_1 - b}\, t,$$

ou

$$e^y + \frac{P_a}{C_r\omega_1 - P_a}\, y = 1 + \frac{C_r^2}{I(C_r\omega_1 - P_a)}\, t, \qquad (3')$$

équation de la forme $e^y = Q - Ry$, d'où l'on tirera y (intersection de la courbe $Y_1 = e^y$ et de la droite $Y_2 = Q - Ry$), puis ω.

B) *Le régulateur de glissement n'est pas en action.* — L'équation différentielle du mouvement est la suivante

$$C_0\omega\left(1 - \frac{\omega}{\Omega}\right) - I\omega \frac{d\omega}{dt} = P_a.$$

qui s'écrit aussi

$$\frac{d\omega}{dt} = a - k\omega - \frac{b}{\omega},$$

si on pose

$$\frac{C_0}{I} = a,$$

$$\frac{C_0}{I\Omega} = k,$$

et

$$\frac{101{,}9\,P_a}{I} = b,$$

ou encore

$$dt = -\frac{\omega\, d\omega}{k\left(\omega^2 - \dfrac{a}{k}\omega + \dfrac{b}{k}\right)}.$$

En posant $\omega = z + \dfrac{a}{2k}$, c'est-à-dire $z + \dfrac{\Omega}{2}$,

et

$$\lambda = \sqrt{\frac{a^2}{4k^2} - \frac{b}{k}},$$

c'est-à-dire

$$\frac{\Omega}{2}\sqrt{1 - \frac{4P_a \times 101{,}9}{C_0\Omega}},$$

elle devient

$$dt = -\frac{1}{k}\left[\frac{z\,dz}{z^2 - \lambda^2} + \frac{\Omega}{2}\,\frac{dz}{z^2 - \lambda^2}\right],$$

dont la solution est

$$-kt + C^{te} = \frac{1}{2}\log_e(z^2 - \lambda^2) + \frac{\Omega}{4\lambda}\log_e\frac{z - \lambda}{z + \lambda}$$

ou, après détermination de la constante par les conditions à l'origine,

$$-2kt = \log_e\frac{z^2 - \lambda^2}{z^2 - \lambda^2} + \frac{1}{m}\log_e\left(\frac{z - \lambda}{z + \lambda} \times \frac{z_1 + \lambda}{z_1 - \lambda}\right). \qquad (4)$$

équation dans laquelle

$$z_1 = \omega_1 - \frac{\Omega}{2},$$

$$m = \sqrt{1 - \frac{4P_a \times 101{,}9}{C_0\Omega}}.$$

Remarque. — On voit de suite que

$$\frac{z^2 - \lambda^2}{z_1^2 - \lambda^2} = \frac{\dfrac{P_a\Omega}{C_0} - \Omega\omega + \omega^2}{\dfrac{P_a\Omega}{C_0} - \Omega\omega_1 + \omega_1^2} = \frac{101{,}9P_a - C_0\omega\left(1 - \dfrac{\omega}{\Omega}\right)}{101{,}9P_a - C_0\omega_1\left(1 - \dfrac{\omega_1}{\Omega}\right)} = \frac{P_a - p}{P_a - p_1},$$

Digitized by Google

si p est la puissance fournie par le moteur au temps t et p_1, la puissance fournie par le moteur au temps $t = 0$.

D'autre part, le premier terme du deuxième membre de l'équation (4) a une valeur très voisine de celle du deuxième et cela est d'autant plus vrai que la valeur de P_a est plus voisine de celle de p_1.

Cette vérification peut se faire à l'aide de quelques calculs logarithmiques sur un exemple quelconque.

On peut, du reste, en donner une démonstration approchée.

L'équation (4) peut, en effet, s'écrire

$$2kt = \underset{(1)}{\frac{m}{m}\log_e\frac{z_1^2-\lambda^2}{z^2-\lambda^2}} + \underset{(2)}{\frac{1}{m}\log_e\frac{z_1^2-\lambda^2}{z^2-\lambda^2}} - \underset{(3)}{\frac{1}{m}\log_e\left(\frac{z_1+\lambda}{z+\lambda}\right)^2}.$$

Si l'on suppose t très petit, z reste très voisin de z_1; on peut donc considérer le troisième terme (3) comme nul et, comme m reste très voisin de 1, on peut donc dire que les deux termes (1) et (2) sont égaux. Remarquons du reste que, quand $\frac{1}{m}$ croît, c'est parce que P_a croît et z est plus différent de z_1 qu'il ne l'était (après $t = 1_s$ par exemple), lorsque P_a était petit. Or, si le terme (2) (premier terme constitutif du deuxième terme initial) croît avec m décroissant, le terme (3) (deuxième terme constitutif du deuxième terme initial) croît aussi et il est négatif; il contribue donc à ramener le terme (2) à la valeur du terme (1).

Si l'on admet donc l'égalité des deux termes du deuxième membre de l'équation (4), on aura

$$\frac{P_a - p}{P_a - p_1} = e^{-kt},$$

ou

$$p = P_a - (P_a - p_1)\, e^{-kt}. \qquad (5)$$

On remarquera ici l'analogie de l'équation (5) avec l'équation (2').

De cette équation (5) et de

$$p = C_0\omega\left(1 - \frac{\omega}{\Omega}\right),$$

on tire

$$\Omega\omega - \omega^2 = \frac{\Omega}{C_0}\left[P_a - (P_a - p_1)\, e^{-kt}\right],$$

ou

$$\omega = \frac{\Omega}{2}\left(1 + \sqrt{1 - \frac{4.\text{rot.}9}{\Omega C_0}\left[P_a - (P_a - p_1)e^{-kt}\right]}\right). \qquad (6)$$

Telles sont les équations de (1) à (6) qui permettent de définir, pour les hypothèses simples envisagées ci-dessus, soit la vitesse ω, soit la puissance p du moteur à un instant quelconque t.

III. **Etude des lois $\omega = f(t)$ pour les différentes parties du diagramme d'une machine d'extraction.** — Remarquons que, généralement, le diagramme de la puissance à fournir sur l'arbre de la dynamo du groupe convertisseur est établi sans tenir compte de la présence du volant, dont l'influence ne commence à apparaître que dans les calculs de consommation d'énergie.

Cependant, quand le groupe convertisseur comporte un volant, sa vitesse moyenne pendant une cordée sera plus faible que s'il n'en comportait pas. La tension de la dynamo pour une même position du levier de manœuvre (celle qui correspond à la tension normale pour la vitesse angulaire du moteur asynchrone fonctionnant à bagues court-circuitées) sera moins élevée que celle escomptée et l'extraction horaire sera réduite.

Aussi la dynamo est-elle toujours prévue pour que sa tension à pleine charge, et même en surcharge, puisse atteindre sa valeur normale pour la vitesse minimum du groupe (glissement maximum admis pour le moteur).

Le machiniste devra donc augmenter progressivement le déplacement de son levier de manœuvre pour maintenir la tension aux bornes du moteur (périodes dites de régime).

[Il est admis ici que la tension de l'excitatrice (l'excitatrice principale, s'il y en a plusieurs) est maintenue constante. Si l'excitatrice est montée en bout d'arbre du groupe convertisseur, elle est pourvue à cet effet d'un régulateur automatique de tension. Si l'installation comporte un groupe d'excitation séparé, aucun réglage spécial n'est nécessaire.]

Mais si l'on désire enlever au machiniste le souci de régler lui-même la tension de la dynamo, en fonction de la chute de vitesse du groupe (et c'est la condition que nous nous imposons ici), deux solutions sont possibles :

a) Ou bien on prévoira un appareil spécial qui règlera automatiquement, en fonction de la chute de vitesse du groupe, la valeur de la tension de la dynamo à celle qu'elle aurait si le volant n'était pas relié au groupe ;

b) Ou l'appareil ci-dessus n'existera pas et l'on règlera une fois pour toutes, aux essais de réception, la tension de la dynamo à une valeur supérieure à celle qui serait nécessaire pour la marche sans volant, de façon à rétablir ainsi la vitesse moyenne d'extraction désirée.

Il apparaît immédiatement que la première solution est théoriquement préférable à la deuxième.

Aussi, dans l'étude que nous ferons de chacune de ces deux hypothèses a) et b), nous étendrons-nous davantage sur la première, pour ne consacrer que quelques lignes à la deuxième. Nous tracerons notamment, à la fin de l'étude de la première hypothèse, un diagramme complet basé sur un cas particulier.

Remarque générale. — Considérons le diagramme de la puissance à fournir sur l'arbre de la dynamo.

Digitized by Google

Nous supposerons que les différentes lignes constitutives du diagramme sont des droites.

Il convient d'ajouter immédiatement qu'en admettant, comme on le fait généralement, que l'accélération angulaire, positive ou négative, est constante, les parties du diagramme correspondant aux périodes d'accélération et de ralentissement sont, en réalité, quand la machine ne comporte pas de câble d'équilibre, des portions de courbes qu'on peut dire très voisines de paraboles cubiques de la forme

$$p = p_0 + at - bt^3.$$

On devrait faire intervenir dans les calculs cette dernière équation, mais comme ces portions de courbes sont très tendues, il est suffisamment exact

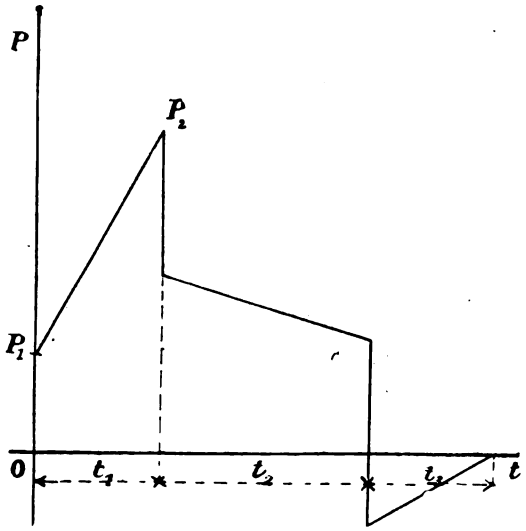


Fig. 1.

de leur substituer une ou deux droites telles que l'énergie fournie à la dynamo pendant les périodes considérées soient égales dans les deux cas.

En un point du diagramme, la puissance en fonction du temps sera donc exprimée pas une loi linéaire, telle que $P = P_1 + At$ (période de démarrage) où $A = \frac{P_2 - P_1}{t_1}$.

Première hypothèse. — La tension de la dynamo de démarrage est maintenue indépendante de la chute de vitesse du groupe convertisseur par un régulateur approprié. — Le diagramme sur lequel notre étude sera basée sera le diagramme de puissance sur l'arbre de la dynamo établi pour marche sans volant.

Nous diviserons ce chapitre en deux parties :

A) Le régulateur de glissement n'est pas en action et le couple du moteur asynchrone varie à chaque instant;

B) Le régulateur de glissement est en action, et le moteur travaille à couple constant C_r.

Plaçons-nous à l'origine du diagramme.

Nous supposerons que le couple fourni par le moteur est devenu plus petit que C_r, que le volant a repris sa pleine vitesse et que le moteur marche à puissance constante p_0 et à vitesse angulaire ω_1.

Remarque. — Si la vitesse angulaire ne dépassait pas ω_r, le cas A n'existerait pas, et le régulateur de glissement serait toujours en action. Mais cette hypothèse est pratiquement irréalisable; sa réalisation dépendrait de la durée de la pause, et il convient toujours de conserver une certaine marge pour que le volant puisse emmagasiner, pendant la pause, une énergie toujours suffisante, même si la durée de la pause était plus courte que celle supposée.

A. Le régulateur de glissement n'est pas en action et le couple du moteur asynchrone varie à chaque instant. — La droite ou les deux droites qui, pendant le démarrage, représentoront la variation de la puissance du diagramme ont comme équation

$$P = P_1 + \frac{P_2 - P_1}{t_1} t,$$

t_1 étant la durée de la période considérée, P_1 et P_2 les puissances requises au début et à la fin de la dite période.

L'équation différentielle définissant le mouvement est

$$C_0\omega\left(1 - \frac{\omega}{\Omega}\right) - I\omega\frac{d\omega}{dt} = P_1 + \frac{P_2 - P_1}{t_1} t,$$

ou

$$-I\omega\frac{d\omega}{dt} + \omega C_0 - \frac{C_0}{\Omega}\omega^2 = P_1 + At,$$

équation différentielle de la forme

$$y\frac{dy}{dx} - ay + by^2 = -mx,$$

qui n'est intégrable que dans certains cas particuliers, quand a, b et m ont certaines valeurs numériques bien déterminées.

Nous procéderons alors par une méthode indirecte.

Divisons la période t_1 en n parties égales, d'une durée θ assez petite.

Nous supposerons que, pendant le temps θ, la puissance requise par le diagramme reste constante; soit p_1 la puissance fournie par le moteur au début de la dite période et p_2, à la fin, comme il est indiqué sur le diagramme de la figure 2.

Notre équation est ainsi ramenée à celle étudiée dans le paragraphe II et la solution approchée, mais très suffisamment exacte, de cette équation est

$$p_2 = P_a - (P_a - p_1)\, e^{-k\theta},$$

k étant égal à $\frac{C_0}{I\Omega}$.

Digitized by Google

La puissance P_q, constante pendant la période θ_q, prenant successivement les valeurs suivantes :

$$P_{\theta_1} = P_1 + A\frac{\theta}{2},$$

$$P_{\theta_2} = P_1 + A\frac{\theta}{2} + A\theta,$$

$$P_{\theta_n} = P_1 + A\frac{\theta}{2} + A\theta(n-1),$$

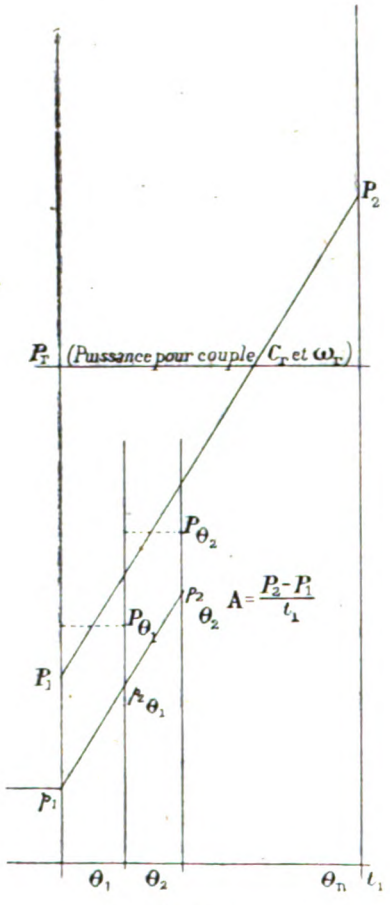


Fig. 2.

la puissance p_2 à la fin de chaque période θ, sera successivement, en désignant $e^{-k\theta}$ par u

$$p_{2\theta_1} = P_1 + \frac{A\theta}{2} - \left(P_1 + \frac{A\theta}{2} - p_1\right)u,$$

$$p_{2\theta_2} = P_1 + \frac{A\theta}{2} + A\theta - \left[P_1 + \frac{A\theta}{2} + A\theta - \left(P_1 + \frac{A\theta}{2}\right)\right]u - \left(P_1 + \frac{A\theta}{2} - p_1\right)u^2,$$

et

$$p_{2\theta_n} = P_1 + \frac{A\theta}{2} + (n-1)A\theta - \left(P_1 + \frac{A\theta}{2} - p_1\right)u^n - [A\theta u^{n-1} + A\theta u^{n-2} + A\theta u],$$

ou, à la limite, pour $n = \infty$,

$$p_{2\theta_n} = P_1 + At_1 - (P_1 - p_1)e^{-kt_1} - A\frac{t_1(u^n - 1)}{n(u-1)}$$

$$p_{2\theta_n} = P_1 - (P_1 - p_1)e^{-kt_1} - (P_2 - P_1)\left(\frac{1 - e^{-kt_1}}{k}\right),$$

la limite de $n\left(e^{-k\frac{t_1}{n}} - 1\right)$ étant égale à $-k$; ou, d'une façon générale,

$$p = (p_1 - P_1)e^{-kt} + P_1 + A\left(t - \frac{1 - e^{-kt}}{k}\right). \quad (7)$$

Coefficient angulaire de la tangente à la courbe de p. — Il a pour valeur

$$\frac{dp}{dt} = A - e^{-kt}[k(p_1 - P_1) + A]. \quad (8)$$

L'expression (7) établie pour la période de démarrage est également valable naturellement pour toute période de puissance croissante.

Quand la puissance est décroissante et exprimée par

$$P = P_1 - \frac{P_1 - P_2}{t_1}t,$$

on a toujours

$$p_2 = P_a - (P_a - p_1)e^{-k\theta}$$

et les formules (7) et (8) restent valables en changeant le signe de A dont la valeur est

$$\frac{P_1 - P_2}{t_1}.$$

Les valeurs de t, qui, pendant une période, rendent p maximum ou minimum sont donnés par

$$t = \frac{1}{k}\log_e\left[1 + \frac{k(p_1 - P_1)}{A}\right]. \quad (9)$$

Vitesses angulaires. — De l'expression (7) on tire, en écrivant la relation

$$p = C_0\omega\left(1 - \frac{\omega}{\Omega}\right),$$

$$\omega^2 - \omega\Omega + \frac{\Omega}{C_0}\left[\left(p_1 - P_1 + \frac{A}{k}\right)e^{-kt} + P_1 + At - \frac{A}{k}\right] = 0;$$

d'où

$$\omega = \frac{\Omega}{2}\left(1 + \sqrt{1 - \frac{4 \times 101,9}{C_0\Omega}\left[\left(p_1 - P_1 + \frac{A}{k}\right)e^{-kt} + P_1 - \frac{A}{k} + At\right]}\right). \quad (10)$$

Digitized by Google

Les maximum et minimum ont lieu pour les mêmes valeurs de t qui rendent p minimum ou maximum.

Remarque. — Le temps t pour lequel ω atteint une valeur donnée, soit ω_r, est donné par l'équation

$$\left(p_1 - P_1 + \frac{A}{k}\right) e^{-kt} + At = \frac{C_0\Omega}{4.101,9}\left[1 - \left(\frac{2\omega}{\Omega} - 1\right)^2\right] - P_1 + \frac{A}{k}, \qquad (11)$$

de la forme

$$e^{-y} = Q - \lambda y$$

et qui se résoudra comme l'équation (3').

Energie fournie par le moteur E_m. — L'énergie E_m est égale à

$$E_m = \int_0^t \left[\left(p_1 - P_1 + \frac{A}{k}\right) e^{-kt} + P_1 + At - \frac{A}{k}\right] dt,$$

ou, après intégration,

$$E_m = P_1 t + \frac{At^2}{2} - \frac{A}{k} t + \frac{1}{k}\left(p_1 - P_1 + \frac{A}{k}\right)(1 - e^{-kt}).$$

(*A suivre*).

G. Hacault,
Ingénieur E. C. P. et E. S. E., Ingénieur à la Compagnie Electro-Mécanique.

Revues, analyses et informations

Sur la variation de l'intensité du courant de décharge dans les tubes à vide avec la température (recherches relatives à l'air, l'hydrogène et l'anhydride carbonique (1)).

Dans des notes successives, dont la première a paru en 1917, un des auteurs, M. Amaduzzi, avait étudié l'influence de la température sur le phénomène de la décharge dans l'air raréfié. Il vient de reprendre ces recherches en les étendant à des gaz autres que l'air, au moyen de quatre tubes différents A, B, C, D décrits en détail dans les notes précédentes (1). Le tube A (fig. 1) était complètement fermé et contenait de l'air à la pression de 1,5 mm. Le tube B (fig. 2) ne différait du précédent que par ses dimensions et était muni de deux robinets, l'un pour la communication avec la pompe, l'autre pour la communication avec le générateur de gaz. Le tube C (fig. 3), de très faible section, était, un tube en U muni d'un seul robinet pour la communication avec la pompe. Enfin le tube D (fig. 4), entièrement semblable au précédent, était muni de deux robinets au lieu d'un seul.

Ces divers tubes permettaient de réaliser des conditions

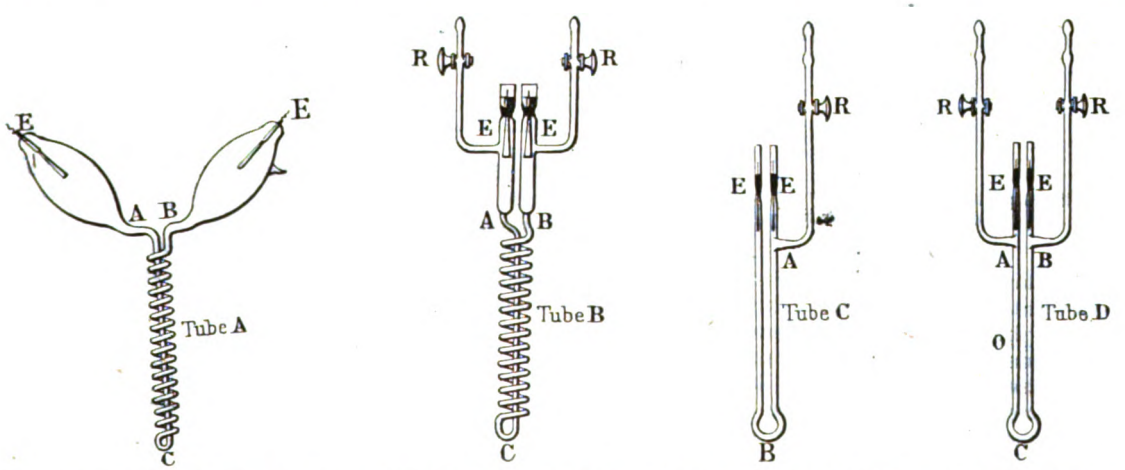


Fig. 1, 2, 3 et 4. — Différentes formes de tubes ayant servi aux recherches sur la décharge dans les gaz raréfiés.

différentes quant à la pression et au volume de la masse gazeuse contenue. Le tube A étant complètement fermé, la masse gazeuse contenue avait un volume rigoureusement constant, tandis que la pression pouvait varier par refroidissement. Le tube C muni d'un seul robinet permettait d'obtenir un volume variable pour la masse gazeuse, en même temps qu'une pression sensiblement constante, puisque la pompe de raréfaction actionnée sans arrêt pendant l'expérience ne servait plus, une fois le régime de fonctionnement atteint, qu'à compenser les fuites au fur et

(1) G. Tadesco et L. Amaduzzi. *Elettrotecnica*, 15-25 août 1922. t. IX, p. 507-512, 5 400 mots, 12 fig.

(1) *Mémoires de l'Académie royale des Sciences de l'Institut de Bologne*, 11 février 1917, 19 mai 1918 et 13 novembre 1920.

Digitized by Google

à mesure qu'elles se produisaient. Enfin, le tube B et le tube D étaient munis de deux robinets, dont l'un restait légèrement ouvert pendant l'expérience, permettaient, dans les limites de raréfaction voulue, le renouvellement continuel de la masse gazeuse dont le volume et la pression restaient sensiblement constants.

Le tableau suivant donne les dimensions des divers tubes, qui étaient tous munis d'électrodes de platine ou de platine et d'aluminium.

Tableau I.

TUBE	LONGUEUR	SECTION INTÉRIEURE
	centimètres	millimètres
A	95	3,5
B	140	4,5
C	35	2,5
D	35	2,5

La disposition des divers appareils est représentée schématiquement figure 5.

Les expériences furent faites à des températures variant entre la température de l'air ambiant et 250-275°C ; on utilisait une bobine Ruhmkorff pour exciter le tube.

L'auteur commença par observer si, à la suite d'un

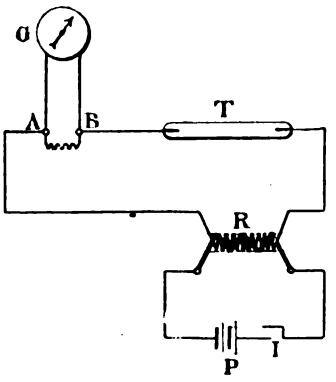


Fig. 5. — Montage des appareils pour les essais de décharge dans les gaz raréfiés.

échauffement, la variation de conductibilité superficielle du verre constituant le tube peut être suffisante pour influer sur l'allure du phénomène étudié. Le tube fut donc porté à une assez haute température et l'on put vérifier que la variation d'intensité du courant due à la conductibilité variable du verre n'est que de l'ordre de 10^{-8} A, c'est-à-dire négligeable, puisque la variation d'intensité due aux variations de température est de l'ordre de 10^{-6} A.

I. Expériences avec de l'air. — 1° *Tube A.* — Dans ce tube, complètement fermé, l'augmentation de température ne se traduit pas par une augmentation de l'intensité du courant de décharge. Celle-ci se maintient constante pendant toute l'expérience, même aux environs de 300°.

2° *Tube B.* — Voulant observer l'influence du renouvellement continu du gaz sur l'allure du phénomène, l'auteur laissa un des robinets légèrement ouvert, de façon que l'air pût se renouveler au fur et à mesure que la pompe fonctionnait, tout en maintenant la pression constante à l'intérieur du tube. Cette pression avait, en général, la valeur correspondant à une hauteur de mercure de 3 mm. Voici une série de mesures effectuées dans ces conditions :

Tableau II.

TEMPÉRATURE en degrés C	VARIATION DE L'INTENSITÉ DU COURANT en ampères	DÉVIATIONS en divisions de l'échelle
23	0,000070	47
50	0,000072	48,5
100	0,000078	52
130	0,000081	54,5
150	0,000087	58
180	0,000090	60
200	0,000090	60
210	0,000090	60
230	0,000095	64
240	0,000099	66
255	0,000100	67
270	0,000102	68

3° *Tube C.* — Ce tube avait, avons-nous vu, une section très faible. Il fallait donc s'attendre à une modification quelconque de l'allure du phénomène. On a en effet obtenu les résultats suivants :

Tableau III.

TEMPÉRATURE en degrés C	VARIATION DE L'INTENSITÉ DU COURANT en ampères	DÉVIATIONS en divisions de l'échelle
25	0,000192	41
50	0,000197	42
100	0,000204	43,5
150	0,000218	46,5
175	0,000225	48
200	0,000216	46
225	0,000197	42
250	0,000192	41
275	0,000192	41

L'intensité du courant croît donc lentement d'abord, mais elle atteint un maximum vers 175° pour redescendre ensuite jusqu'à sa valeur initiale.

4° *Tube D.* — Dans ce tube, l'air peut se renouveler constamment. Les chiffres suivants se rapportent à la pression de 3 mm de mercure.

Tableau IV.

TEMPÉRATURE en degrés C	VARIATION DE L'INTENSITÉ DU COURANT en ampères	DÉVIATIONS en divisions de l'échelle
23	0,000513	43,5
75	0,000513	43,5
120	0,000519	44
145	0,000525	44,5
185	0,000536	45,5
205	0,000548	46,5
225	0,000566	48
240	0,000572	48,3
275	0,000584	49,5

On remarquera la lenteur des variations.

Digitized by Google

II. Expériences avec de l'hydrogène. — Il s'agissait d'observer la marche du phénomène pour des gaz autres que l'air. Une des branches du tube d'expérience fut donc reliée au générateur de gaz et on laissa arriver ce dernier pendant un temps suffisant pour en chasser complètement l'air. Ayant ensuite relié l'autre branche du tube à la pompe, on mit en marche celle-ci, en ayant soin cependant de laisser légèrement ouvert le robinet d'entrée du gaz, pour en permettre le renouvellement continu à l'intérieur du tube. ce dont on s'apercevait en observant le lent et graduel abaissement du niveau du liquide contenu dans la boule supérieure de l'appareil de Kipp employé pour la production du gaz.

1° *Tube B.* — Les chiffres suivants se rapportent à une pression correspondant à une hauteur de mercure de 3 mm et à des conditions identiques à celles relatives à l'air dans le même tube.

Tableau V.

Température en degrés C	Variation de l'intensité du courant en ampères	Déviations en divisions de l'échelle
25	0,0000645	43
50	0,0000690	46
75	0,0000750	50
100	0,0000810	54
120	0,0000855	57
165	0,0000855	57
180	0,000 915	61
200	0,0000945	63
220	0,0000960	64
230	0,0000967	64,5

On constate une influence plus marquée de la variation de température sur le phénomène de décharge.

2° *Tube D.* — Les résultats ci-dessous se rapportent toujours à la même pression.

Tableau VI.

Température en degrés C	Variation de l'intensité du courant en ampères	Déviations en divisions de l'échelle
25	0,000377	32
40	0,000377	32
60	0,000401	34
85	0,000424	36
100	0,000436	37
120	0,000448	38
165	0,000466	39,5
210	0,000483	41
250	0,000489	41,5
275	0,000495	42

En comparant ces résultats avec ceux d'un tube plein d'air, on constate encore une plus grande amplitude de variations.

III. Expériences avec l'anhydride carbonique. — Au lieu de répéter des tableaux analogues aux précédents, nous avons préféré exprimer les résultats obtenus par un ensemble de courbes relatives aux trois gaz expérimentés dans les tubes B et D (voir diagrammes des figures 6 et 7).

On vérifie que la variation d'intensité du courant, par suite de l'augmentation de température, est très sensible pour l'anhydride carbonique, moindre pour l'hydrogène, moindre encore pour l'air.

Les mesures ont été ensuite reprises pour un intervalle de température plus étendu (— 180°, 320°) et dans le cas de renouvellement continuel du gaz expérimenté (tube B). Tous les chiffres suivants sont relatifs toujours à la même pression.

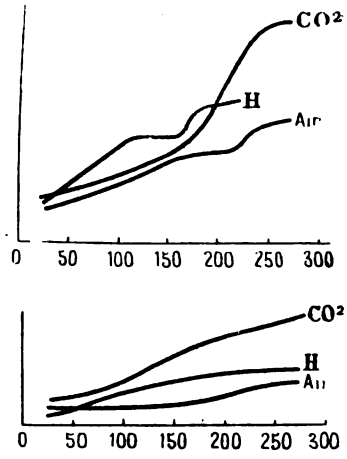


Fig. 6 et 7. — Variations du courant de décharge en fonction de la température, pour l'air, l'hydrogène et l'anhydride carbonique, dans les tubes B et D.

1° *Air.* — En partant de la température de l'air liquide et en arrivant graduellement jusqu'à l'ébullition de l'huile de vaseline employée pour le bain, on obtient les résultats suivants relatifs, avons-nous dit, au tube B.

Tableau VII.

Température en degrés C	Variation de l'intensité du courant en ampères	Déviations en divisions de l'échelle
— 180	0,0000	2
— 125	0,0000	1
22	0,0000	39
75	0,0000	45
105	0,0000	46,5
175	0,0000	48
200	0,0000	49
250	0,0000	54
275	0,0000	56
300	0,0000	56,5
315	0,0000	56,5

Il est intéressant de noter la rapide augmentation de courant entre — 125° et 22°.

2° *Hydrogène.* A la même pression (3 mm de mercure) et toujours avec le tube B, on obtient, dans les mêmes limites de température le tableau VIII.

L'augmentation d'intensité du courant offre, dans ce cas, un caractère régulièrement continu, et il n'existe pas, comme pour l'air, de diminution entre — 180° et la température ambiante.

Digitized by Google

Tableau VIII.

TEMPÉRATURE en degrés C	VARIATION DE L'INTENSITÉ DU COURANT en ampères	DÉVIATIONS en divisions de l'échelle
— 180	0,0000180	12
23	0,0000750	50
50	0,0000787	52,5
100	0,0000847	56,5
150	0,0000870	58
200	0,0000930	62
234	0,0000960	64
250	0,0000967	64,5
275	0,0000975	65

3° *Anhydride carbonique.*

Tableau IX.

TEMPÉRATURE en degrés C	VARIATION DE L'INTENSITÉ DU COURANT en ampères	DÉVIATIONS en divisions de l'échelle
— 180	0,0000705	47
— 110	0,0000090	6
22	0,0000810	54
60	0,0000840	56
105	0,0000900	60
155	0,0000982	65,5
200	0,0001005	67
225	0,0001020	68
265	0,0001065	71
300	0,0001110	74
315	0,0001155	77

A noter la brusque diminution de l'intensité du courant pour une température légèrement supérieure à celle de l'air liquide et l'augmentation rapide successive, tandis que, dans le cas de l'air, l'augmentation semble se produire beaucoup plus lentement.

En comparant les trois tableaux, on vérifie que les phénomènes sont beaucoup plus intenses pour l'anhydride carbonique que pour l'hydrogène et pour l'air.

IV. Variations observées dans l'aspect de la décharge. — 1° *Entre la température ambiante et 300° C.* — Au cours des diverses expériences, l'auteur a pu noter diverses modifications quant à la couleur du gaz traversé par la décharge et à l'aspect de la stratification de la colonne positive.

Pour les trois gaz expérimentés, l'augmentation de température se traduit par un changement de coloration de la décharge qui passe du rose violet au rose vif pour l'air, du lilas au rose pour l'hydrogène, du vert au bleu azuré pour l'anhydride carbonique.

Quant à la stratification de la colonne positive, l'augmentation de température a pour effet de la faire apparaître, disparaître, réapparaître selon les cas. En général, les stratifications apparaissent d'abord dans la partie immergée du tube; en tout cas elles y sont plus nettes. Vers 200°, selon les diverses conditions d'expérience, les stratifications disparaissent dans tout le tube ou dans une partie seulement.

Quelquefois elles réapparaissent vers 300°, mais le plus souvent la colonne positive n'est plus stratifiée à cette température.

Avec le tube D et pour tous les gaz expérimentés, on a observé en outre que la colonne positive, au début de l'expérience, n'est stratifiée que dans la portion cathodique. Par la suite, quand le tube est chauffé, la stratification se produit également dans la portion anodique.

Notons enfin, que, dans tous les cas, on a pu observer que le renouvellement du gaz dans le tube d'expérience se traduit par un changement de couleur dans la décharge accompagné d'une sensible augmentation d'intensité du courant.

2° *Entre la température de l'air liquide et celle de l'air ambiant.* — Dans cet intervalle de températures, il se produit une obscurité presque totale du tube, pour une température de peu supérieure à celle de l'air liquide. Cette obscurité a été observée pour l'air à une température d'environ — 125°; elle se prolonge assez longtemps. Pour l'anhydride carbonique, on l'a observée à la température d'environ — 110°, mais elle disparaît presque subitement. Pour l'hydrogène, on n'a rien observé de semblable, mais, puisque dans d'autres conditions d'expérience, l'obscurité en question s'est toujours manifestée à une certaine température (voir notes précédentes), on peut supposer que pour ce gaz cette température est soit inférieure, soit supérieure à celle atteinte dans les expériences décrites ci-dessus.

Cette obscurité est accompagnée d'une diminution notable de l'intensité du courant.

En ce qui concerne les variations de couleur, l'auteur a observé que la portion du tube immergée dans l'air liquide prend, pour tous les gaz, une coloration bleue caractéristique, tandis que la portion émergée garde la couleur initiale pour l'air et pour l'hydrogène, et devient d'un beau rose vif pour l'anhydride carbonique. En outre, la portion immergée du tube, à peine enlevée du récipient contenant l'air liquide, présente une phosphorescence bleue pour l'air et verte pour l'hydrogène. Cette phosphorescence peut être due au verre du tube ou bien à la vapeur d'eau solidifiée sur les parois du tube lui-même à cause de la basse température atteinte. Pour l'anhydride carbonique, on a, en outre, observé qu'après une première immersion du tube dans l'air liquide, toute nouvelle immersion produit une forte augmentation du courant et intensifie de façon notable la coloration de la décharge. Quant aux stratifications, on peut dire qu'en général elles apparaissent très nettement aux basses températures.

En tout cas, l'augmentation graduelle de la température jusqu'à celle de l'air ambiant se traduit par un retour très régulier, aux conditions initiales, de la coloration, de l'intensité de courant et des stratifications.

V. Influence de la température sur la différence de potentiel. — L'auteur a enfin porté ses recherches sur l'effet exercé par la variation de température sur la différence de potentiel aux électrodes du tube. Les expériences faites ont montré que, tout au moins dans les limites de sensibilité des appareils employés, les variations de température n'ont aucune influence sur la différence de potentiel aux électrodes d'un tube à gaz raréfié. — G. M.

Digitized by Google

SECTION INDUSTRIELLE

Les progrès récents de l'horlogerie électrique

Dans la présente étude, l'auteur se propose d'indiquer les raisons pour lesquelles l'électricité a été appelée à jouer un rôle de plus en plus important dans l'horlogerie et de préciser la nature des difficultés qui ont retardé son application. Il s'étend spécialement sur l'importance des conditions à remplir au point de vue du fonctionnement électrique, conditions trop souvent ignorées des inventeurs horlogers. Enfin, il décrit brièvement quelques horloges électriques modernes en insistant particulièrement sur les raisons de leur supériorité, et les conditions de leur établissement. Il fait ressortir ainsi que les opinions ordinairement admises sur la valeur de certains systèmes sont souvent erronées et qu'en particulier certains dispositifs, très ingénieux et théoriquement parfaits au point de vue chronométrique, donnent, en pratique, de très mauvais résultats par suite de circonstances accessoires dont les effets, bien que paraissant négligeables à première vue, sont en réalité prépondérants. La présente étude se rapporte plus spécialement aux horloges indépendantes, à balancier entretenu électriquement, destinées aux usages courants. Elle ne comprendra pas les récepteurs horaires fonctionnant à l'aide d'émissions de courant dont la fréquence est réglée par une horloge-mère, ni les systèmes électriques de remontage des ressorts et poids moteurs des pendules mécaniques ordinaires.

I. **Ressources offertes par l'application de l'électricité à l'horlogerie.** — L'électricité offre des ressources particulièremunt intéressantes en horlogerie. Nous indiquerons ci-après les principales :

1° Possibilité de remplacer les accumulateurs d'énergie mécanique, tels que ressorts et poids, par des dispositifs électriques moteurs empruntant leur énergie aux secteurs d'électricité ou bien à des générateurs ou accumulateurs électriques, susceptibles de fournir, à poids égal, une énergie considérablement plus élevée que les accumulateurs mécaniques ;

2° Possibilité de donner des impulsions à un organe mobile sans passer par aucune transmission mécanique donnant lieu à des résistances passives et faculté d'obtenir une diminution automatique des impulsions lorsque la vitesse de l'organe commandé croît ;

3° Possibilité d'obtenir des effets mécaniques sensiblement indépendants de l'état de la source d'énergie, grâce à la propriété que possèdent certains générateurs d'électricité de débiter l'énergie électrique sous tension sensiblement constante, alors que les ressorts moteurs ne peuvent fournir directement un couple mécanique constant ;

4° Possibilité de produire, au moyen de l'effort très faible et constant, mais suffisant pour établir un contact électrique, des effets mécaniques divers. dont l'intensité peut être variable et aussi grande qu'on le veut ;

5° Facilité de commander à distance des organes éloignés au moyen d'un courant électrique.

Nous attirerons spécialement l'attention sur l'importance de la première propriété qui vient d'être indiquée.

Comparons par exemple l'énergie mécanique susceptible d'être emmagasinée dans un ressort de montre et l'énergie mécanique équivalente à l'énergie électrique débitée par un petit élément de pile tel que ceux que l'on utilise dans les installations courantes de sonnerie.

Dans un ressort moteur de montre bandé de 5 tours, le couple varie entre 300 et 600 cm-g environ. L'énergie totale emmagasinée est d'environ 0,12 kilogrammètre.

L'élément de pile considéré est généralement susceptible de fournir une énergie électrique de 50 w-h environ, équivalente à 50×3600 joules

$$\frac{50 \times 3\,600}{9{,}81} = 50 \times 360 = 18\,000 \text{ kgm environ.}$$

soit $18\,000 : 0{,}12 = 150\,000$ fois plus d'énergie mécanique que celle que peut fournir le ressort de montre.

Remarquons que l'utilisation de ressorts moteurs pour entretenir les oscillations de l'organe réglant (pendule ou balancier) entraîne, en pratique, la nécessité de démultiplier considérablement le déplacement de l'extrémité mobile du ressort au moyen d'un train d'engrenages. Il en résulte des pertes mécaniques importantes.

De plus, le couple moteur transmis au dernier mobile du rouage (roue d'échappement) doit être utilisé pour communiquer au pendule ou balancier une série d'impulsions grâce auxquelles les oscillations sont entretenues. La transmission de mouvement doit être effectuée par un organe délicat (échappement) dont le fonctionnement entraîne également des pertes relativement élevées.

L'étude de la transmission du travail dans un échappement usuel d'horloge, tel que celui représenté schématiquement sur la figure 1, montre qu'il se pro-

Digitized by Google

duit d'importantes pertes par suite du frottement de la pointe de la dent sur l'incliné de l'ancre et de la « chute » libre qui a lieu lorsque la dent échappe, chute nécessaire à la sûreté des fonctions et qui consomme une partie du travail du couple moteur sans autre effet que d'engendrer un choc et, par suite, un bruit désagréable.

L'électricité, au contraire, permet de communiquer directement au pendule l'impulsion motrice, par

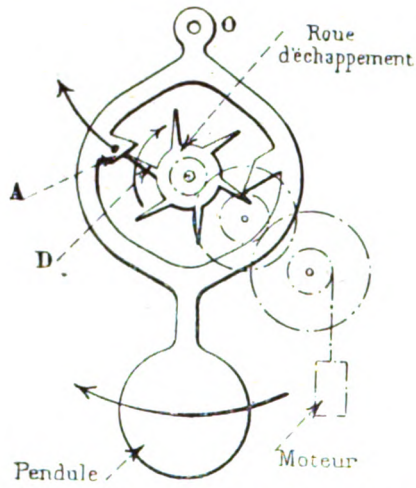


Fig. 1. — Schéma de la transmission du travail dans un échappement ordinaire d'horloge.

exemple, grâce à une action électromagnétique s'exerçant entre deux organes dont l'un est solidaire du pendule et l'autre fixe. On évite ainsi les causes de pertes inévitables dans les systèmes mécaniques. Le pendule établit seulement un contact électrique qui remplace l'opération analogue au « dégagement » de la dent de la roue d'échappement. Nous verrons plus loin que cette fonction, ainsi que le travail nécessaire pour vaincre les résistances passives entraînées par le fonctionnement des autres organes, peuvent être assurés avec une dépense d'énergie très minime et que le rendement de certaines pendules électriques, considérées comme un moteur transformant l'énergie électrique de la source en énergie mécanique est extrêmement élevé (0,9). Cela a permis de réduire la consommation annuelle *à moins de 1 watt-heure par an*, de sorte que le fonctionnement *peut être assuré pendant plusieurs années sans intervention au moyen d'une simple petite pile.*

Avant de décrire les principaux modes d'entretien électrique des pendules et d'en analyser les conditions de fonctionnement, nous rappellerons les principes généraux de réalisation des instruments horaires.

II. **Principes de réalisation des instruments horaires.** — Dans les instruments horaires courants (1), l'organe régulateur est constitué par une pièce animée d'un mouvement pendulaire soumise à des résistances passives et à des forces motrices chargées d'entretenir le mouvement. On s'efforce d'obtenir une fréquence constante des oscillations malgré les inévitables variations de certains des facteurs influant sur cette fréquence et on rend la rotation des aiguilles indicatrices de temps proportionnelle au nombre d'oscillations de l'organe régulateur.

Les principaux facteurs susceptibles d'amener des variations dans la fréquence sont les suivants :

1° Température (agissant sur la longueur des pendules et sur le coefficient d'élasticité des ressorts) ;

2° Pression barométrique agissant sur l'amortissement dû à la résistance de l'air ;

3° Variations des frottements mécaniques avec la lubrification, l'état hygrométique de l'air, etc. ;

4° Variations dans les forces motrices lorsqu'elles dépendent de l'état de tension d'un ressort ou de la force électromotrice d'une source d'électricité, etc.

L'influence de la température se traduit, pour les pendules à tige d'acier, par un retard d'environ une demi-seconde par jour et par degré d'échauffement. Lorsque l'organe réglant est constitué par un balancier circulaire associé à un ressort spiral en acier ordinaire, les variations du coefficient d'élasticité du métal avec la température introduisent des perturbations beaucoup plus grandes. Le retard journalier atteint dans ce cas 10 secondes par degré d'échauffement, soit 20 fois plus que dans le cas du pendule.

Dans tous les cas, l'influence de la température sur la période peut être compensée en faisant usage de pendules bimétalliques ou en utilisant la déformation de ressorts spéciaux avec la température. La tendance actuelle est, d'ailleurs, de supprimer toute compensation (ou de réduire l'importance des corrections à introduire) en faisant usage d'alliages spéciaux peu influencés par la température dans les limites ordinaires. On constitue les pendules avec de l'acier spécial au nickel dont le coefficient de dilatation est négligeable (invar) et les spiraux, avec de l'acier spécial au nickel-chrome dont le coefficient thermo-élastique est très faible (élinvar du Dr Guillaume).

L'influence des variations de la pression barométrique est négligeable dans l'horlogerie courante. Pour l'horlogerie de haute précision, on maintient les pen-

(1) Signalons qu'au lieu de partir d'un mouvement oscillatoire alternatif, on peut partir d'un mouvement de rotation régularisé par un pendule conique, ou un régulateur de vitesse à force centrifuge à action indirecte (système de distribution d'heure Thury figurant à l'Exposition de 1900). On a proposé d'utiliser un petit moteur, genre moteur de compteur O'Keenan, fonctionnant à tension constante. Tous ces systèmes n'ont pas permis d'obtenir autant de précision que les balanciers. Le mouvement de rotation d'un moteur de compteur O'K ou d'un compteur à champ tournant peut être régularisé par un échappement (Brevets n° 319 448, 1902 et O'Keenan n° 449875, 1912).

Pour les mesures précises des petits intervalles de temps, on emploie les vibrations isochrones des diapasons. Enfin, tout récemment, on a utilisé directement les oscillations de circuits électriques pour la mesure du temps (article de MM. Abraham et Planiol dans le numéro de janvier 1922 de l'*Onde électrique*).

Digitized by Google

dules sous pression constante en les enfermant dans des vases hermétiquement clos.

Ce sont les variations des frottements et des impulsions motrices qui introduisent les perturbations les plus difficiles à éviter. On y parvient en utilisant les propriétés des mouvements pendulaires sinusoïdaux, propriétés que nous allons rappeler ci-après.

On sait que le mouvement pendulaire sinusoïdal est celui que prend un balancier mobile autour d'un axe soumis à un couple de rappel $C\theta$ proportionnel à l'angle θ dont il tourne par rapport à une position dite d'équilibre.

Lorsqu'il n'y a pas d'amortissement ni de couple directeur, l'équation différentielle du mouvement est

$$K\frac{d^2\theta}{dt^2} + C\theta = 0 \quad (K \text{ moment d'inertie du balancier}).$$

Si, par exemple, au temps $t = 0$, on a

$$\theta = 0 \quad \text{et} \quad \frac{d\theta}{dt} = \omega_0,$$

(ω_0 vitesse de passage par la position d'équilibre), l'équation du mouvement est

$$\theta = \omega_0 \sqrt{\frac{K}{C}} \sin \sqrt{\frac{K}{C}} \times t.$$

La période est

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{K}{C}}.$$

Cette période est indépendante de la vitesse ω_0 de passage du balancier par la position d'équilibre.

Lorsque le mouvement oscillatoire tend à être amorti par un couple γ prenant des valeurs faibles par rapport à $C\theta$, le temps T' qui s'écoule entre le passage du balancier par la position d'équilibre à la vitesse $+\omega_0$ et le passage suivant par cette même position à la vitesse $+\omega_0 - \Delta\omega_0$ est différent de T.

Mais la variation relative de la période est du second ordre par rapport à la variation de vitesse $\Delta\omega_0$ entre deux passages consécutifs par la position d'équilibre. T' reste donc très voisin de T.

De plus, lorsque le couple d'amortissement γ est proportionnel à la vitesse (résistance visqueuse) ou lorsqu'il est constant (cas d'un frottement constant), les oscillations conservent leur propriété d'avoir une durée (comptée entre deux passages dans le même sens par la position d'équilibre), indépendante de la vitesse. T' est indépendant de ω_0.

Il s'ensuit que, dans un mouvement oscillatoire sinusoïdal amorti dans les conditions spécifiées, si l'on restaure le mouvement par une succession de chocs *s'exerçant sur le balancier lorsque celui-ci passe par la position d'équilibre, les vitesses ω_0 peuvent varier, mais les durées des oscillations complètes restent invariables, malgré les irrégularités pouvant se produire dans les valeurs des chocs.*

C'est cette précieuse propriété des oscillations de rester isochrones malgré les variations de certaines impulsions motrices qui a permis de mesurer le temps avec une extraordinaire précision, l'erreur relative étant inférieure à 10^{-4} dans les instruments horaires les plus grossiers et pouvant être réduite à moins de 10^{-6} dans les horloges de précision.

Les règles ordinairement admises pour la réalisation des instruments horaires découlent des propriétés qui viennent d'être rappelées. Ces règles sont les suivantes :

1° Les forces d'amortissement s'exerçant pendant toute la durée de l'oscillation (telles que frottement de l'air, frottement des pivots, suspension) sont rendues aussi faibles que possible.

2° Les forces retardatrices et motrices notables sujettes à des variations importantes sont exercées pendant une durée très brève, lorsque l'organe réglant passe par la position d'équilibre.

Dans ces conditions, la fréquence est maintenue sensiblement constante malgré les variations dans les forces motrices et retardatrices. Mais il est essentiel de remarquer que ce résultat n'est atteint que lorsque l'on a un mouvement pendulaire sinusoïdal (*couple de rappel proportionnel à l'angle de rotation*).

L'organe réglant peut être constitué par un pendule ou par un balancier circulaire équilibré associé à un ressort en forme de spiral ou d'hélice. On a également utilisé des pendules de torsion (masse mobile suspendue par un fil élastique encastré à ses extrémités sur un support fixe et sur la masse mobile).

C'est le pendule qui permet d'obtenir une période constante avec le plus de facilités, car on peut augmenter considérablement le moment d'inertie sans accroître les frottements, le pendule pouvant être suspendu au moyen de lames flexibles. Généralement, on s'efforce d'entretenir le mouvement au moyen de chocs s'exerçant lorsque le pendule passe par la verticale et on limite le plus possible l'amplitude, car le couple de rappel dû à la pesanteur est de la forme $Pl \sin\theta$ et il n'est sensiblement proportionnel à θ que si θ est extrêmement faible (règles indiquées par Lippmann).

Lorsque l'instrument horaire doit fonctionner tout en étant déplacé, on doit recourir au balancier circulaire équilibré, associé à un ressort (montre, chronomètre de marine). Mais la précision est alors très difficile à obtenir, car l'amortissement dû aux frottements des pivots devient relativement considérable. De plus, l'isochronisme du système balancier-ressort n'est obtenu que difficilement et par tâtonnement. La compensation de la température est aussi plus délicate.

III. **Généralités sur les pendules entretenus électriquement. Principe et classification.** — Dans l'étude qui va suivre, nous considérerons, tout d'abord, le cas des pendules entretenus électriquement. Les modes d'entretien des pendules peuvent évidemment s'appliquer d'une façon analogue aux balanciers circu-

Digitized by Google

laires, mais l'emploi de l'électricité entraîne alors des difficultés spéciales sur lesquelles nous devrons attirer l'attention du lecteur.

Pour les pendules entretenus électriquement, il y a lieu de considérer, indépendamment des causes d'amortissement ordinaires, les pertes d'énergie dues à la commande des aiguilles et à la commande directe ou indirecte du contact électrique chargé de déclancher les impulsions motrices.

Signalons que, parfois, la commande des aiguilles est effectuée indirectement par un contact électrique. Il semble que cette dernière disposition doive permettre de réduire les résistances passives. En réalité, et contrairement à l'opinion courante, l'énergie nécessaire à la manœuvre de petites aiguilles peut être rendue très inférieure à celle que l'on est conduit à dépenser pour établir, dans de bonnes conditions, le contact électrique assurant la commande d'un compteur horaire.

Dans la plupart des systèmes d'horloges électriques, ce sont les pertes mécaniques entraînées par la manœuvre du contact électrique qui sont les plus importantes, si bien que le pendule est fréquemment soumis à des résistances passives plus importantes que dans les systèmes mécaniques.

Nous avons vu que la propriété des oscillations du pendule d'être isochrones aux très petits arcs permet d'établir des instruments horaires dont le réglage n'est pas influencé par les variations dans les impulsions motrices, mais les conditions théoriques qui permettent d'atteindre ce résultat sont difficiles à observer en pratique et l'on n'obtient qu'un isochronisme plus ou moins approché.

On est conduit, par suite, à chercher à réduire le plus possible les variations d'amplitude.

Remarquons que le pendule prend une amplitude de régime pour laquelle le travail moteur résistant moyen est égal au travail moteur moyen.

En général, le travail résistant moyen croît assez peu avec l'amplitude. Une faible variation du travail moteur peut donc entraîner une variation d'amplitude relativement considérable.

Il est intéressant de considérer dans les horloges électriques les courbes caractéristiques $\mathfrak{T}_m = f_1(\theta)$ et $\mathfrak{T}_r = f_2(\theta)$ (travail moteur moyen et travail résistant moyen en fonction de l'amplitude). L'amplitude de régime correspond à la rencontre des deux courbes

Si $\mathfrak{T}_m$ est constant et si $\mathfrak{T}_r$ varie peu avec θ, la moindre variation de $\mathfrak{T}_r$ conduit à des variations importantes de l'amplitude (fig. 2).

La variation d'amplitude est évidemment réduite lorsque $\mathfrak{T}_r$ croît rapidement ou bien lorsque $\mathfrak{T}_m$ décroît rapidement quand θ augmente (fig. 3 et 4).

Les systèmes d'entretien du mouvement diffèrent par

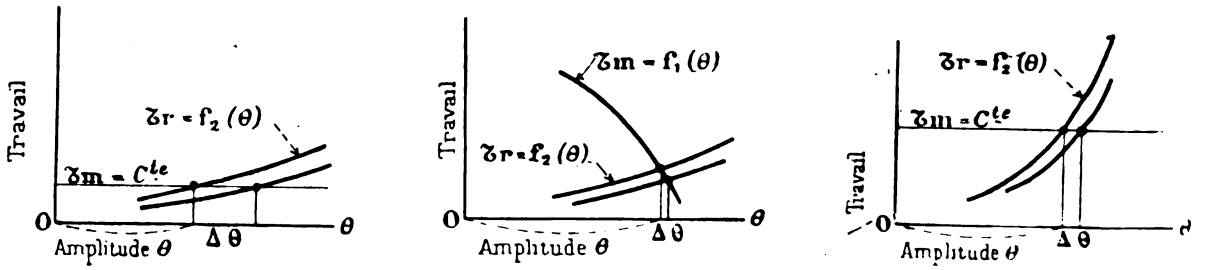


Fig. 2, 3 et 4. — Courbes caractéristiques du travail moteur et du travail résistant en fonction de l'amplitude.

les moyens employés pour réduire les variations de l'amplitude.

Dans certains systèmes, pour obtenir la constance du réglage, on a cherché à restituer au pendule une énergie constante à chaque oscillation. Dans d'autres systèmes, on a cherché à limiter les variations d'amplitude en faisant décroître l'intensité ou le nombre des impulsions motrices lorsque l'amplitude augmente. Parfois même on a produit un freinage supplémentaire croissant avec l'amplitude.

Nous examinerons les principaux modes d'entretien électrique des pendules en adoptant la classification suivante qui nous paraît plus rationnelle que celle que l'on adopte habituellement.

A. Systèmes d'entretien électrique a restitution constante. — 1° Au moyen d'impulsions mécaniques constantes déclanchées électriquement; 2° au moyen d'impulsions électromagnétiques constantes.

B. Systèmes d'entretien au moyen d'impulsions dont le nombre décroit lorsque l'amplitude augmente. — 1° Impulsions électromagnétiques commandées par un contact supprimé lorsque l'amplitude de régime est dépassée; 2° impulsions mécaniques supprimées lorsque l'amplitude est dépassée.

C. Systèmes d'entretien avec freinage supplémentaire. — Freinage (mécanique, magnétique ou électromagnétique) croissant avec l'amplitude.

D. Systèmes d'entretien au moyen d'impulsions motrices décroissant avec l'amplitude. — 1° Durée de contact décroissant avec l'amplitude; 2° point de fermeture du contact variant avec l'amplitude; 3° impulsions électromagnétiques décroissant automatiquement avec l'amplitude.

IV. Examen des modes d'entretien des pendules.

— A. Systèmes d'entretien électrique a restitu-

Digitized by Google

TION CONSTANTE — 1° *Impulsions mécaniques constantes.* — Selon ce mode d'entretien, on s'efforce de restituer une quantité d'énergie mécanique constante, indépendante de l'énergie électrique fournie au système.

On a proposé, depuis 1855, un nombre considérable de dispositifs basés sur ce principe. Citons ceux de Vérité, Fromont, Garnier, Detouche, Grasset, Lasseau, Gérard, Liais, Geist, Kramer, Féry, Campiche, etc...

Nous décrirons, à titre d'exemple, l'intéressant dispositif imaginé par M. Ch. Féry, faisant l'objet de son brevet n° 254 092 de 1896. Ce système est représenté figure 5. Quand le pendule se déplace dans le sens f, la

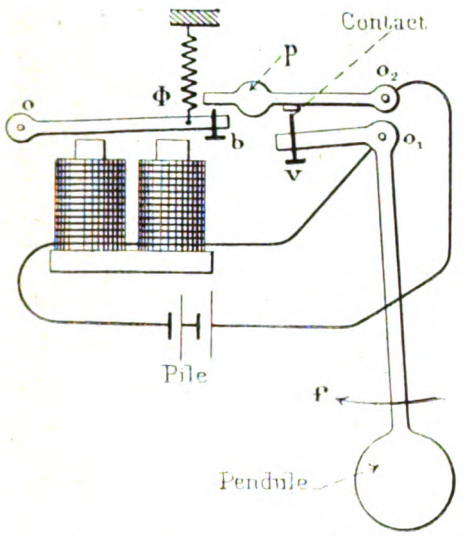


Fig. 5. — Dispositif Ch. Féry d'entretien des pendules par impulsions mécaniques constantes.

vis soulève la masse p d'une hauteur H et en même temps établit un contact électrique,

Au retour, la masse p agit pendant un parcours plus long, $H + h$, car la butée b, solidaire de l'armature de l'électroaimant, est abaissée par suite du passage du courant. L'armature est ramenée à la position initiale dès que v quitte O_2 p. Le pendule reçoit donc, à chaque oscillation, une énergie constante.

Ce système vient d'être copié tout récemment par une maison étrangère. Nous avons reproduit sur la figure 6 un dessin du mécanisme moteur de cette horloge et signalons ce nouvel exemple de l'exploitation par l'étranger de l'invention d'un savant français (1).

Comme autre exemple d'entretien à force constante, nous décrirons le dispositif faisant l'objet du brevet n° 413 191 de 1910, de M. Charles Féry. Ce dispositif est représenté schématiquement sur la figure 7. L'inventeur s'est proposé non seulement de restituer au pendule, à chaque oscillation, une énergie constante et indépendante de la source d'électricité, mais encore de restituer l'énergie au voisinage immédiat de la verticale et de laisser le pendule osciller librement dès qu'il s'écarte de la verticale. Ces conditions sont évidemment favorables au réglage (voir plus haut 4°).

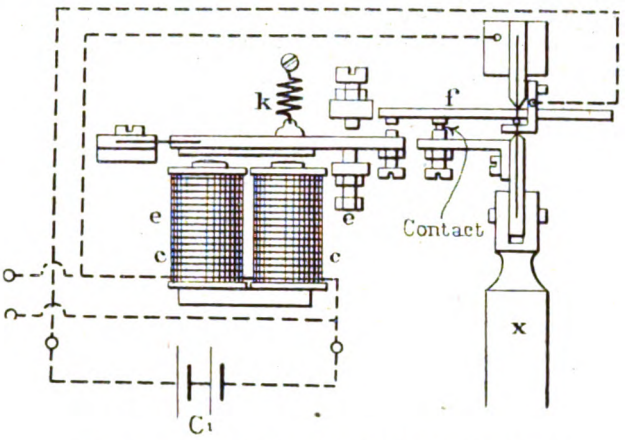


Fig. 6. — Réalisation du mécanisme moteur du dispositif Ch. Féry d'entretien des pendules.

A l'extrémité du pendule, est disposée une roulette A_1 destinée à rouler sur une autre roulette portée par un levier pivotant B sur lequel vient peser une masse M que cesse de retenir l'armature de l'électroaimant E lorsque cette armature est attirée sous l'ac-

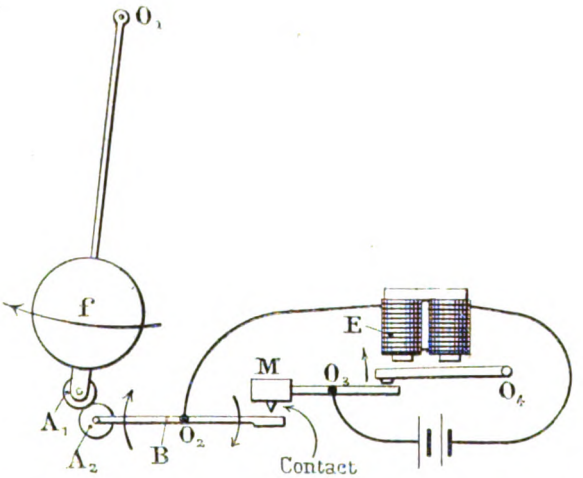


Fig. 7. — Variante du système d'entretien des pendules à force constante.

tion d'un courant électrique. Ce courant est établi lorsque le pendule, se déplaçant dans le sens f, commence à agir sur le levier B. La roulette A_2 pousse ensuite le pendule hors de la verticale en lui donnant une impulsion indépendante de la tension de la source.

2° *Impulsions électromagnétiques constantes.* — Les impulsions motrices peuvent être communiquées au pendule sans organes mécaniques intermédiaires par une action électromagnétique s'exerçant entre une

(1) La nouvelle pendule électrique de précision de la maison S.-A. Favarger et Cie, décrite dans l'ouvrage de A. Wœlti, 1921. Magron éditeur, Bienne (Suisse).

Digitized by Google

bobine fixe et un aimant permanent solidaire du pendule (ou réciproquement). On peut se proposer de donner une impulsion constante en envoyant dans la bobine une quantité d'électricité constante. La grandeur de l'impulsion ne dépend que de cette quantité d'électricité et non de la résistance du circuit. Toutefois, il y a lieu de remarquer que les effets mécaniques de l'impulsion peuvent dépendre de la loi suivant laquelle elle s'effectue lorsque sa durée n'est pas infiniment courte (1).

Nous citerons comme exemple d'entretien par impulsions électromagnétiques constantes le dispositif proposé par Grégory en 1889 et représenté sur la figure 8.

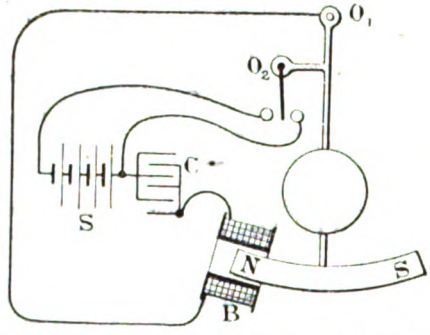


Fig. 8. — Dispositif Grégory pour l'entretien des pendules par impulsions électromagnétiques.

Le pendule reçoit des impulsions aux instants de la charge et de la décharge du condensateur C par la source S à tension supposée constante. Le solénoïde B est traversé par des quantités d'électricité constantes alternativement dans les deux sens chaque fois que le pendule passe par la verticale.

Nous avons représenté schématiquement sur la

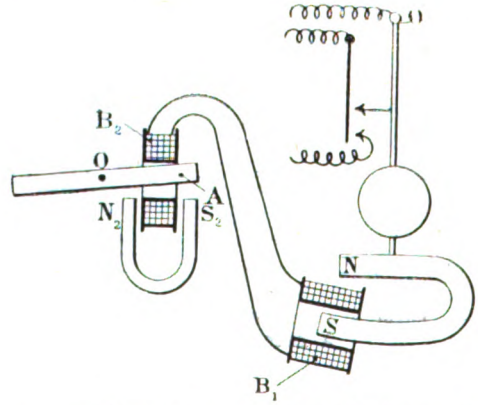


Fig. 9. — Schéma du pendule à restitution constante de Ch. Féry.

figure 9 le pendule dit à restitution constante établi en 1900 par M. Charles Féry.

Le solénoïde B_1 reçoit une quantité d'électricité constante induite dans la bobine B_2 lorsque la palette de A se rapproche brusquement de l'aimant N_2S_2. La quantité d'électricité induite est indépendante de la vitesse de la palette A. Cette palette est actionnée, chaque fois que le pendule passe par la verticale, au moyen d'un courant auxiliaire fourni par une pile et envoyé aux instants convenables grâce à un commutateur spécial manœuvré par le pendule, mais établi pour n'apporter aucune perturbation dans la marche de ce dernier. Cette disposition permet d'éliminer l'influence des variations de la pile.

B. Systèmes d'entretien au moyen d'impulsions dont le nombre décroit lorsque l'amplitude augmente. — 1° *Cas d'impulsions électromagnétiques.* — Le pendule reçoit, aux instants favorables, des impulsions électromagnétiques grâce à un contact électrique manœuvré par le pendule. Ces impulsions tendraient à donner au pendule une amplitude exagérée, mais on supprime le contact électrique quand l'amplitude dépasse la valeur de régime que l'on veut imposer au pendule.

Un exemple très ingénieux de ce mode d'entretien est fourni par le contact de Foucault (1860) vulgarisé par Hipp, horloger suisse. Le pendule bien connu de ce dernier est représenté schématiquement sur la figure 10.

Si les oscillations ont une amplitude suffisante, la palette très mobile P passe librement d'un côté et de

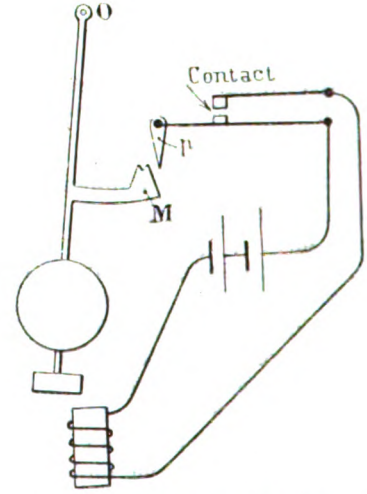


Fig. 10. — Pendule de Hipp à impulsions électromagnétiques et à amplitude limitée.

l'autre de la pièce M portée par le pendule. Il n'y a pas de contact, mais, si l'amplitude diminue par trop, la pointe p vient s'engager dans la dent de la pièce M, la palette est soulevée et un contact est établi grâce auquel le pendule reçoit une impulsion motrice par un dispositif électromagnétique moteur approprié. Ainsi l'impulsion est donnée de temps en temps chaque fois que l'amplitude descend au-dessous d'une certaine valeur.

(1) Bouasse. *Cours de Physique*, Pendule spiral ; diapason, t. II, p. 210.

Digitized by Google

2° *Cas d'impulsions mécaniques.* — On peut aussi établir le contact électrique à chaque oscillation du pendule et produire ainsi la mise en action d'un dispositif électromécanique auxiliaire. D'autre part, au moyen d'un mécanisme influencé par l'amplitude, on peut ne transmettre au pendule l'action de ce dispositif moteur auxiliaire que lorsque l'amplitude est inférieure à une valeur donnée.

Sur ce principe repose l'horloge électrique faisant l'objet du brevet français Anderson n° 489466, 1918. Le résultat n'est obtenu qu'avec une dépense considérable de moyens mécaniques.

C. Pendules entretenus avec réglage de l'amplitude par freinage auxiliaire. — Dans ces systèmes, on ne prend aucune précaution particulière pour limiter l'intensité ou le nombre des impulsions motrices sujettes à variation, mais on crée un freinage auxiliaire croissant rapidement avec l'amplitude des oscillations. Remarquons que ces systèmes paraissent théoriquement incorrects, car, dans un mouvement oscillatoire quelconque, on peut très bien maintenir l'amplitude constante sans pour cela régulariser la fréquence, seul facteur intéressant pour la mesure du temps. Si, par exemple, un pendule oscille entre deux butées fixes, on conçoit qu'il puisse osciller entre ces deux butées à des fréquences variables. Le freinage joue un rôle analogue à celui de ces butées.

Toutefois, lorsque, pour un balancier oscillant librement, le couple de rappel vers la position d'équilibre *n'est pas proportionnel à l'angle de rotation* (par exemple, cas d'un pendule aux grands arcs), les oscillations ne sont pas isochrones et, si l'on ajoute l'action d'un freinage auxiliaire croissant avec l'amplitude, celui-ci peut avoir pour effet d'améliorer l'isochronisme. On arrive ainsi à expliquer les résultats expérimentaux assez satisfaisants obtenus par certains inventeurs, qui, d'ailleurs, justifient leurs conceptions par des raisonnements manifestement erronés.

Comme exemples de tels modes d'entretien, nous citerons les systèmes Bentley faisant l'objet des brevets anglais n°s 19044 de 1910 et 8464 de 1913.

Selon ces inventions, le contact électrique est fermé de telle sorte que l'impulsion électromagnétique est motrice dans une partie de la course du pendule et retardatrice dans l'autre partie. L'effet retardateur croît avec l'amplitude et produit ainsi le réglage.

Un freinage auxiliaire par courants de Foucault a été également utilisé dans certaines horloges construites par la maison suisse Favarger. Ce moyen de réglage est également indiqué par M. Poncet, directeur de l'Ecole nationale d'Horlogerie de Cluses (1).

D. Pendules entretenus au moyen d'impulsions motrices décroissantes lorsque l'amplitude augmente. — 1° *Chemin parcouru par la force motrice décroissant lorsque l'amplitude croît.* — On conçoit la possibilité de réaliser un contact électrique commandé par le pendule de telle sorte que la force motrice s'exerce sur un parcours de plus en plus réduit au fur et à mesure que l'amplitude croît. On pourrait, pour cela, utiliser, par exemple, les variations de la vitesse de passage du pendule par la verticale. L'impulsion motrice pourrait être fournie par une action électromagnétique ou par une action mécanique provoquée par un dispositif électromoteur agissant indirectement.

Nous avons cru devoir signaler la possibilité de réaliser de tels modes d'entretien, bien que nous n'en connaissions pas d'exemples.

2° *Variation du point de fermeture du contact lorsque l'amplitude croît.* — On conçoit la possibilité de réduire l'effet de l'action électromagnétique, si le contact ne s'établit pas en un point invariable par rapport à la course du pendule.

Un exemple de ce mode de réglage est donné par l'ingénieux dispositif imaginé par M. Charles Féry et décrit dans son brevet n° 455152 de février 1913.

Selon cette invention, le pendule dont la tige est un aimant NS peut être repoussé par une bobine B disposée dans le prolongement du pendule lorsque celui-ci passe par la verticale.

Lorsque le pendule se déplace à droite de la verticale, l'effet de répulsion se traduit par une composante tangentielle dans le sens f dont l'intensité est d'autant plus faible que le pôle de l'aimant est plus éloigné de la bobine (fig. 11).

Si les émissions de courant sont envoyées dans la bobine après le passage par la verticale avec un retard

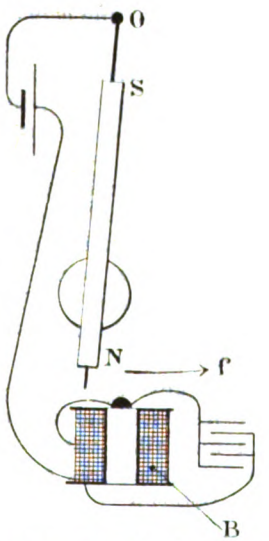


Fig. 11. — Pendule Ch. Féry à réglage par variation du point de fermeture d'un contact.

constant, l'impulsion se produira lorsque le pôle de l'aimant sera plus ou moins éloigné de la bobine, et cela suivant que la vitesse sera plus ou moins grande.

M. Féry indique un moyen d'obtenir ce résultat en utilisant la self-induction du circuit ; le mode d'entre-

(1) *Bulletin des anciens Elèves de Cluses*, avril 1921.

Digitized by Google

tien peut être appliqué au pendule de Foucault.

On conçoit également la possibilité d'obtenir les mêmes effets par des dispositifs mécaniques en utilisant, par exemple, l'inertie d'un balancier auxiliaire recevant des chocs variables et produisant le contact avec un retard suivant une loi déterminée.

3° *Variation de l'intensité des impulsions avec l'amplitude.* — Ce mode d'entretien peut être réalisé très simplement à l'aide du dispositif représenté sur la figure 12. Le pendule porte un aimant A pouvant être

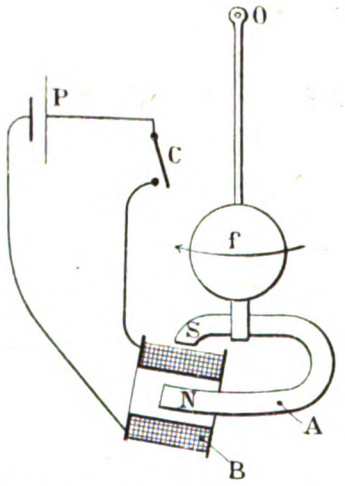


Fig. 12. — Schéma d'un dispositif permettant l'entretien d'un pendule par variation de l'amplitude des impulsions. Dispositif Ch. Féry.

aspiré par une bobine B lorsque celle-ci est parcourue par un courant fourni par la pile P et envoyé au moyen du contact C. Le levier du contact C est commandé par le pendule de telle sorte que le contact soit fermé pendant une partie bien déterminée de la course du pendule dans le sens f.

Ainsi la force électromagnétique résultant de l'action de l'aimant A *sur la bobine* B *s'exerce sur un parcours constant, mais son intensité décroît automatiquement lorsque l'amplitude croît par suite de la production d'une force contre-électromotrice d'induction prenant naissance dans la bobine* B *et d'autant plus importante que la vitesse est plus grande.*

On se rapprochera des règles indiquées par Lippmann pour rendre les oscillations isochrones en limitant l'amplitude à une faible valeur et en produisant le contact pendant un temps très bref lorsque le pendule passe par la verticale. Le dispositif de contact sera, de préférence, établi de telle sorte que la commande ne se produise que lorsque le pendule passe par la verticale, ce dernier oscillant librement ensuite.

C'est encore à M. Charles Féry que revient le mérite d'avoir indiqué ce mode d'entretien. Une forme d'exécution a été décrite par lui dans son brevet n° 313144 de 1901 et les conditions de fonctionnement ont été précisées dans le certificat d'addition n° 4209 à ce brevet.

Cette invention, des plus importantes en horlogerie électrique, a permis de simplifier considérablement la réalisation des instruments horaires. Elle a permis, de plus, d'améliorer les conditions de fonctionnement et de limiter à une valeur extraordinairement faible la dépense d'énergie électrique nécessaire au fonctionnement de l'horloge.

Les travaux de M. Charles Féry ont été le point de départ de nombreuses recherches poursuivies pendant ces dernières années. Nous en exposerons les résultats d'après les brevets d'invention. Mais avant d'étudier les différents systèmes dérivés du mode d'entretien Féry, nous croyons utile d'analyser les conditions de fonctionnement électrique du système représenté sur la figure 12 sous sa forme la plus générale. Nous établirons ensuite une comparaison entre ce système et les autres modes d'entretien indiqués plus haut.

V. Etude du fonctionnement électrique des pendules entretenus par impulsions électromagnétiques diminuant lorsque la vitesse croît. — Le système électromagnétique moteur est représenté schématiquement sur la figure 13. Le pendule porte une bobine A de n spires se déplaçant au voisinage de l'aimant fixe B (le fonctionnement est évidemment le même lorsque la bobine est fixe et l'aimant mobile).

L'angle de rotation du pendule étant faible, on peut considérer que la bobine est animée d'un mouvement alternatif rectiligne entre les positions A et B (fig. 14). Le mouvement est sinusoïdal.

Lorsque la bobine se déplace dans le sens f de D en E, voisins de la position d'équilibre C, elle est reliée aux bornes de la source S entre lesquelles existe une différence de potentiel constante u.

Dans le déplacement de la bobine de A vers B, le flux magnétique Φ dû à l'aimant traversant les n spires varie, par exemple, comme l'indique la courbe $\Phi = f_2(x)$ (fig. 15).

Nous supposerons que le courant traversant la bobine est assez faible pour ne pas réagir sensiblement sur la répartition des lignes de force de l'aimant.

Cette hypothèse peut être faite pour les horloges du type étudié lorsqu'elles sont convenablement établies. Dans ces conditions, la loi $\Phi = f_2(x)$ ne dépend que du champ magnétique créé par l'aimant permanent et des positions de la bobine par rapport à ce champ.

Dans le parcours DE, la bobine reçoit une énergie élémentaire $uidt$, i désignant le courant instantané. Cette énergie se transforme en travail mécanique $nid\Phi$ et en chaleur nri^2dt (r, résistance moyenne de une spire). On a un véritable moteur magnétoélectrique absorbant une intensité

$$i = \frac{u - n\dfrac{d\Phi}{dt}}{nr}.$$

Dans le déplacement DE $= a$, le flux varie de Φ_1 à Φ_2 et nous admettrons, pour simplifier, que l'on

Digitized by Google

puisse remplacer entre D et E la courbe $\Phi = f_2(x)$ par un élément de droite, de sorte que

$$\frac{d\Phi}{dx} = \frac{\Phi_2 - \Phi_1}{a} = C^{te}.$$

Dans le même déplacement, la vitesse de la bobine reste très voisine de la valeur maximum V qu'elle atteint lorsque le pendule passe par la verticale, on peut donc la considérer comme constante. Il en résulte que la force contre-électromotrice d'induction est aussi constante, car

$$n\frac{d\Phi}{dt} = n\frac{d\Phi}{dx} \times \frac{dx}{dt} = n\frac{(\Phi_2 - \Phi_1)}{a} \times V. \qquad (1)$$

On a

$$i = \frac{u - nV\dfrac{\Phi_2 - \Phi_1}{a}}{nr} = C^{te}. \qquad (2)$$

La durée de fermeture du contact correspondant au déplacement a est

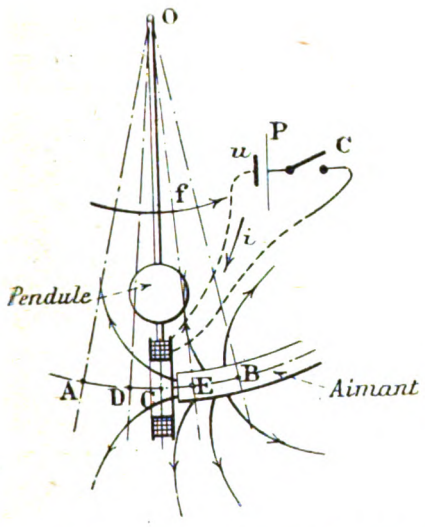
$$t = \frac{a}{V};$$

l'énergie électrique fournie est

$$uidt = u \times \frac{a}{V} \times \frac{u - \dfrac{nV}{a}(\Phi_2 - \Phi_1)}{nr};$$

l'énergie perdue est

$$nri^2t = \frac{a}{nrV}\left[u - \frac{nV}{a}(\Phi_2 - \Phi_1)\right]^2$$



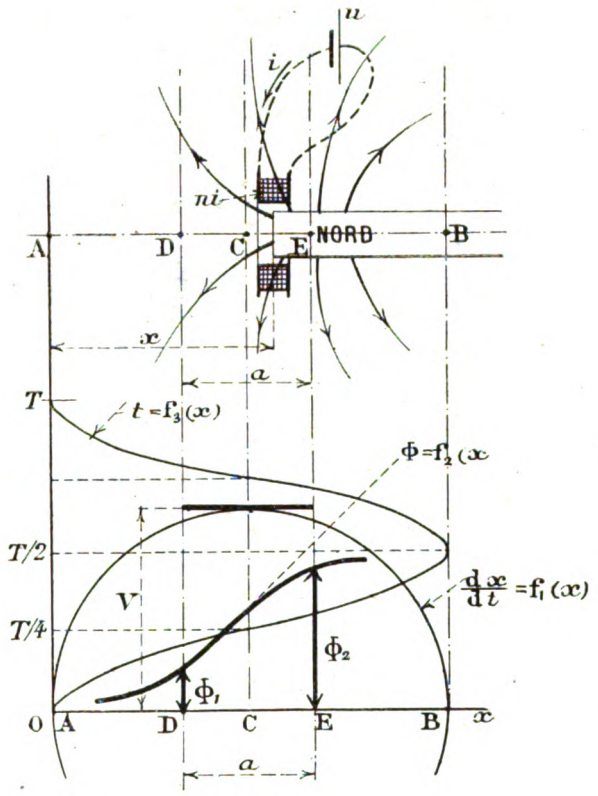


Fig. 13, 14 et 15. — Représentation schématique du fonctionnement électrique des pendules entretenus par impulsions électromagnétiques.

L'énergie électrique transformée en énergie mécanique utile est, par suite,

$$\mathfrak{E}_m = \left[u - \frac{nV}{a}(\Phi_2 - \Phi_1)\right](\Phi_2 - \Phi_1) \times \frac{1}{r}. \qquad (3)$$

Le rendement électrique est donc

$$\rho = \frac{nV}{a}(\Phi_2 - \Phi_1) \times \frac{1}{u}. \qquad (4)$$

L'expression (3) montre que le travail utile $\mathfrak{E}_m$ décroît lorsque V augmente, c'est-à-dire lorsque l'amplitude des oscillations est plus élevée.

L'énergie $\mathfrak{E}_m$ est fournie à chaque oscillation complète du pendule. Elle doit compenser les pertes diverses $\mathfrak{E}_r$ s'opposant au mouvement pendant une période; les pertes $\mathfrak{E}_r$ croissent en général lorsque l'amplitude et, par suite, la vitesse V augmentent.

Le pendule tend à prendre une amplitude de régime pour laquelle $\mathfrak{E}_m = \mathfrak{E}_r$. Ce régime de fonctionnement est caractérisé par une vitesse V pour laquelle les pertes mécaniques ont, par exemple, la valeur E. Pour obtenir l'entretien des oscillations du pendule à

Digitized by Google

une amplitude correspondant à la vitesse V, il suffit de donner aux facteurs

$$u, (\Phi_2 - \Phi_1), a, n, r.$$

des valeurs convenables pour satisfaire la relation

$$\left[u - \frac{nV}{a}(\Phi_2 - \Phi_1)\right](\Phi_2 - \Phi_1) \times \frac{1}{r} = k. \qquad (5)$$

Il y a une infinité de solutions, mais les proportions adoptées peuvent être plus ou moins avantageuses.

Le constructeur doit évidemment s'efforcer d'obtenir les résultats suivants :

1° Réduire la consommation d'énergie électrique ;

2° Réduire les perturbations de réglage dans le cas où les frottements, la tension de la source, l'aimantation, la résistance du contact viendraient à varier ;

3° Augmenter la robustesse et la sûreté de fonctionnement ;

4° Réduire le prix de revient et l'encombrement des organes.

La recherche des meilleures conditions d'établissement des organes électromagnétiques moteurs pose des problèmes assez délicats et l'on constate de grandes divergences dans les conceptions des inventeurs. C'est ainsi que, dans certaines horloges, on utilise des bobines de très petites dimensions se déplaçant dans des entrefers très étroits ; dans d'autres, on fait usage de grosses bobines. Certains inventeurs préconisent l'utilisation de pôles d'aimant pénétrant dans la bobine. Dans certains modèles, les bobines sont très allongées, tandis que dans d'autres elles ont la forme de galettes extrêmement plates.

Avant de décrire en détail les différentes variantes de réalisations proposées jusqu'à ce jour, nous donnerons quelques indications générales sur les conditions à remplir pour obtenir un fonctionnement satisfaisant.

En premier lieu, il faut diminuer le plus possible la consommation, cela non seulement pour réduire l'usure de la pile, mais encore pour que le contact électrique ne se détériore pas. On atteindra ce but en diminuant les pertes mécaniques E et en augmentant le rendement ρ.

Les pertes mécaniques sont principalement causées par la dépense d'énergie nécessaire pour établir le contact électrique. On devra chercher à les réduire sans pour cela diminuer par trop la pression du contact. D'autre part, la relation (4) montre que, pour obtenir un bon rendement, il faut que la force contre-électromotrice d'induction $\frac{nV}{a}(\Phi_2 - \Phi_1)$ soit très voisine de u. Cette condition étant remplie, la différence

$$\left[u - \frac{nV}{a}(\Phi_2 - \Phi_1)\right]$$

est faible, et par suite la relation (5) indique que le facteur $u(\Phi_2 - \Phi_1)$ (variation du flux embrassé par la bobine) doit être élevé et que la résistance de une spire doit être très faible. Il faut, par suite, que les spires soient d'une longueur aussi faible que possible (bien que suffisante pour embrasser le flux) et que le fil soit relativement gros. Le nombre n de spires doit être tel que $\frac{nV}{a}(\Phi_2 - \Phi_1)$ soit voisin de u.

La théorie indique donc que l'on doit faire usage d'une grosse bobine, mais cela pourrait conduire à diminuer le facteur $\Phi_2 - \Phi_1$ et l'on est limité dans cette voie. D'autre part, on pourrait être tenté d'augmenter le facteur $\Phi_2 - \Phi_1$ en faisant usage de gros aimants en fer à cheval présentant un très faible entrefer : mais, dans ce cas, on doit faire usage de bobines de fil très fin et augmenter la longueur des spires, ce qui est défavorable.

Le problème est assez complexe, comme on le voit, et les nécessités de fabrication ainsi que l'obligation de réduire le prix de revient et l'encombrement des organes viennent encore le compliquer.

Au point de vue chronométrique, on remarquera que la vitesse V, ou, ce qui revient au même, l'amplitude dépendent de la tension u de la source, de la variation de flux $\Phi_2 - \Phi_1$ et des pertes mécaniques E. La fréquence ne sera pas altérée si l'on a observé les règles indiquées au paragraphe 2 pour obtenir l'isochronisme des oscillations malgré les variations inévitables dans les impulsions motrices. Le mode d'entretien étudié est donc susceptible de permettre une parfaite régularité de marche malgré l'affaiblissement de la pile et des aimants et les variations des frottements.

(A suivre.)

Marius Lavet,
Ingénieur A. M. et E. S. E.

Digitized by Google

Note sur la conduite des réseaux à courants alternatifs

Si l'on considère le cas de plusieurs centrales débitant en parallèle sur un même réseau, il y a un intérêt capital à assurer une répartition rationnelle des puissances actives et réactives entre les divers centres de production, ce qui revient à dire que chaque réseau a une individualité propre, exigeant des dispositifs spéciaux. C'est la conclusion à laquelle l'auteur est conduit par l'examen de deux installations fonctionnant d'abord toutes les deux avec un cos φ égal à 0,80, l'une ayant une certaine réserve d'alternateurs; puis, l'une ayant un cos φ égal à 1, la mission de l'autre consistant à fournir l'appoint de puissance active, mais toute la puissance réactive. Ces deux schémas d'installation conduisent, en effet, à peu près au même chiffre de pertes. Enfin, l'auteur termine par quelques considérations sur l'adjonction des moteurs synchrones surexcités sur les longues lignes de transmission d'énergie électrique.

I. Répartition rationnelle des courants actifs et réactifs. — L'étude récente de MM. Fontvielle et Ferréol (1) porte sur un sujet qui n'est pas neuf, mais sur lequel il semble que tout n'a pas encore été dit : la préoccupation de remédier aux inconvénients du déphasage φ sur les réseaux.

Elle donne des vues nouvelles et judicieuses sur l'utilité de *répartir* convenablement, entre différentes centrales alimentant un réseau, la fourniture des puissances actives et des puissances réactives.

Déjà, dans une étude antérieure (2), l'auteur de la présente note avait cru utile de signaler ces aperçus nouveaux. Aujourd'hui, il croit bien faire en allant un peu plus loin par l'examen de quelques considérations pratiques sur la question.

Répartition de la puissance réactive. — Il n'est donc pas évident que plusieurs centrales marchant en parallèle sur un réseau, doivent forcément travailler avec le même cos φ, égal au facteur de puissance global de ce réseau et il n'est pas indifférent, tant au point de vue de l'économie générale, qu'à celui de la régulation de la tension du réseau, que les diverses centrales marchent avec des cos φ quelconques, c'est-à-dire avec des excitations relatives arbitraires, outre la répartition de la puissance réelle.

Il faudrait donc s'efforcer de dégager des règles générales à cet égard. Mais le problème est complexe, par la multiplicité des cas pouvant se présenter, par la multiplicité des facteurs entrant en jeu pour déterminer les pertes et par le caractère variable des conditions de marche du réseau.

Nous allons essayer d'éclairer un peu plus le sujet.

Supposons, d'abord, que l'on ait, par des tarifs spéciaux, encouragé au maximum les clients à rapprocher de 1 leur cos φ (condensateurs, moteurs synchrones, moteurs asynchrones synchronisés, proportions judicieuses des transformateurs suivant la charge).

Le cos φ global du réseau peut, malgré ces précautions, rester souvent voisin de 0,80.

(1) **Marche en parallèle des centrales électriques**; A. Fontvielle et C. Ferréol. *Revue générale de l'Électricité*, 5 août 1922, t. XII, p. 163-167.

(2) **Amélioration du facteur de puissance des réseaux par machines synchrones**; E. Poirson. *Revue générale de l'Électricité*, 15 juin 1918, t. III, p. 859-862.

Pour montrer ce que l'on peut attendre, en réalité, d'une répartition rationnelle des puissances actives et réactives à fournir par les centrales, considérons un cas concret et simple pouvant sembler typique à priori.

On a (fig. 1) en G le centre de consommation d'un

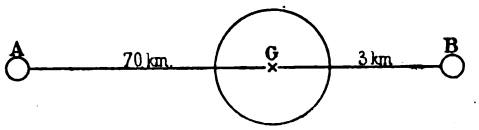


Fig. 1.

réseau absorbant une puissance apparente de $P_{app} = 21\,000$ kv-a, avec cos $\varphi = 0{,}80$; soit

$$P_{active} = 16\,800 \text{ kw} = P_{app} \cos \varphi.$$

$$P_{réactive} = 12\,600 \text{ kv-a} = P_{app} \sin \varphi.$$

Supposons que ce soit le régime moyen pendant une certaine partie de l'année, et cherchons la meilleure répartition entre les deux centrales d'alimentation :

L'usine hydraulique A, distante de 70 km, disposant de sept groupes de 3 000 kv-a, avec de l'eau disponible pour 15 000 kw aux bornes, environ;

L'usine à vapeur B, à turbines, distante de 3 km, disposant de six groupes de 3 000 kv-a.

Nous considérerons successivement les deux cas extrêmes (dans lesquels on utilise toute l'eau disponible à l'usine A) :

1° A et B marchant toutes deux à cos $\varphi = 0{,}80$;

2° A marche à cos $\varphi = 1$ et B fournit l'appoint de puissance active et toute la puissance réactive et nous évaluerons les pertes totales d'énergie dans chacun d'eux, en admettant, ce qui est normal :

Que le rendement des turbines hydrauliques en A est de 0,83 à pleine charge ou à trois quarts de charge (pertes 17 pour 100);

Que le rendement des alternateurs en A et B est de 0,94 à pleine charge et cos $\varphi = 1$ (pertes, 6 pour 100), ou de 0,92 à pleine charge et cos $\varphi = 0{,}80$ (pertes, 8 pour 100), en supposant, *pour simplifier*, que les pertes totales dans ces alternateurs, marchant à leur intensité maximum, soit en générateurs, soit en

Digitized by Google

moteurs synchrones surexcités, restent voisines de 180 kw par unité;

Que le rendement des turbines à vapeur en B est le même à pleine charge ou à trois quarts de charge (pertes p);

Que les lignes AG et BG sont de même section et que la perte d'énergie dans la ligne AG est de 5 pour 100 pour 15000 kw avec $\cos\varphi = 1$, et en négligeant la légère modification de déphasage apportée par les lignes.

On a alors.

Premier mode. — A *et* B *marchent toutes deux à* $\cos\varphi = 0{,}80$. — Le diagramme des puissances est représenté en figure 2. La puissance apparente fournie par A sera

$$\frac{15\,000}{0{,}80} = 18\,700 \text{ kv-a.}$$

qui pourra être demandée à 6 groupes, les alternateurs

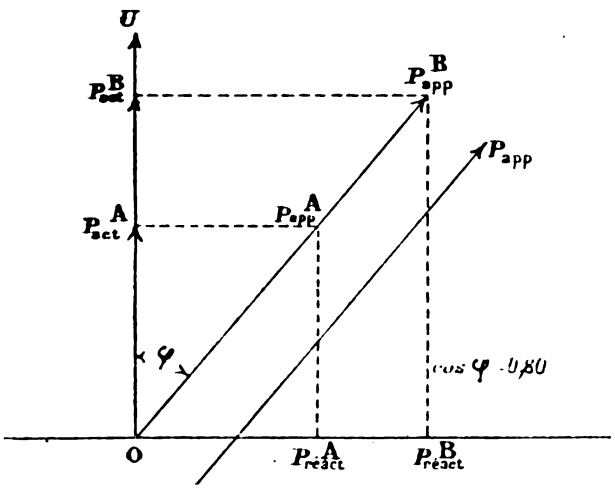


Fig. 2.

marchant à pleine charge, en intensité, avec légère surcharge. Les pertes en A seront :

6 alternateurs à pleine charge, $6 \times 180 = 1080$ kw;

6 turbines à 4/5 de charge; la puissance-eau est

$$\frac{15\,000}{0{,}92 \times 0{,}83} = 19\,600 \text{ kw,}$$

donc les pertes sont $19\,600 \times 0{,}17 = 3350$ kw (à 17 pour 100).

La perte en ligne sur AG étant 5 pour 100 pour 15 000 kw et $\cos\varphi = 1$, soit 750 kw, sera, pour une puissance apparente de $\frac{15\,000}{0{,}80} = 18\,700$ kv-a de

$$750 \times \left(\frac{18\,700}{15\,000}\right)^2 = 1\,170 \text{ kw.}$$

L'usine B devra alors fournir environ

$$P_{\text{active}} = 16\,800 - (15\,000 - 1\,170) = 2\,970 \text{ kw,}$$

soit 3 700 kv-a, au moyen de deux groupes marchant à 2/3 de la pleine charge des alternateurs, soit à la demi-charge de leurs turbines.

Mais, pour avoir un meilleur rendement de l'usine B, on fera marcher un groupe à pleine charge et $\cos\varphi = 1$ pour fournir la puissance active $P_{act} = 2\,970$ kw, et un groupe à vide, sans vapeur, en moteur synchrone surexcité, pour fournir la puissance réactive

$$P_{\text{réactive}} = 3\,700 \sin\varphi = 2\,200 \text{ kv-a.}$$

Ce dernier absorbera en réalité sur le réseau une puissance active de 180 kw pour ses pertes, que l'on peut supposer couvertes par le premier groupe, en légère surcharge ($2\,970 + 180 = 3\,150$ kw).

Les pertes en B seront donc :

2 alternateurs, en moyenne, à pleine charge d'intensité $2 \times 180 = 360$ kw;

1 turbine à vapeur à pleine charge, pertes désignées par p.

La perte en ligne BG sera

$$750 \text{ kw} \times \left(\frac{3\,700}{15\,000}\right)^2 \times \frac{3}{70} = 2 \text{ kw, donc négligeable.}$$

Total des pertes dans ce premier mode de marche.

$$\sum p_1 = 5\,960 + p \text{ kw.}$$

Deuxième mode. — A *marche à* $\cos\varphi = 1$ *et* B *fournit le reste.* — Ce cas est schématisé dans le diagramme de la figure 3. L'usine A fournira 15 000 kw aux bornes

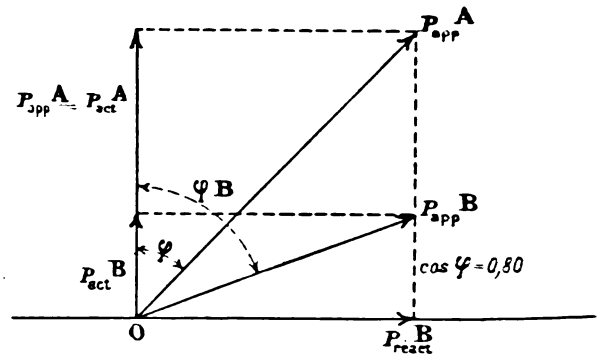


Fig. 3.

avec $\cos\varphi = 1$ au moyen de 5 groupes en pleine puissance. Les pertes y seront :

5 alternateurs à pleine charge $5 \times 180 = 900$ kw

5 turbines à pleine charge; la puissance-eau est

$$\frac{15\,000}{0{,}94 \times 0{,}83} = 19\,300 \text{ kw.}$$

Digitized by Google

et les pertes, à 17 pour 100, seront $19\,300 \times 0{,}17 = 3\,300$ kw;

La perte en ligne AG, à 5 pour 100, sera $15\,000 \times 0{,}05 = 750$ kw.

L'usine B devra alors produire :

Puissance active, $P_{act} = 16\,800 - (15\,000 - 750) = 2\,550$ kw;

Puissance réactive, $P_{réact} = 12\,600$ kv-a (le total).

Elle fera alors marcher un groupe générateur en pleine charge active cos $\varphi = 1$, et quatre alternateurs en moteurs synchrones surexcités, ces derniers absorbant $180 \times 4 = 720$ kw réels fournis, par exemple, à raison de 600 kw par le premier groupe de B marchant à $2\,250 + 600 = 3\,150$ kw comme dans le premier mode) et 120 kw par l'usine A (léger appoint).

Les quatre moteurs synchrones débiteront chacun une puissance réactive de 3 150 kv-a; leur puissance apparente sera

$$\sqrt{\overline{3\,150}^2 + \overline{180}^2} = 3\,160 \text{ kv-a (légère surcharge admissible).}$$

Les pertes en B seront donc :

5 alternateurs à pleine charge d'intensité, $5 \times 180 = 900$ kw;

1 turbine à vapeur à pleine charge, pertes désignées par p.

La ligne BG aura à canaliser une puissance apparente de

$$\sqrt{\overline{12\,600}^2 + \overline{2\,550}^2} = 12\,850 \text{ kv-a.}$$

La perte en ligne sera

$$750 \text{ kw} \times \left(\frac{12\,850}{15\,000}\right)^2 \times \frac{3}{70} = 24 \text{ kw, donc faible.}$$

Le total des pertes, dans ce deuxième mode de marche, sera

$$\sum p_2 = 5\,874 + p \text{ kw.}$$

Les résultats ci-dessus sont comparés dans le tableau synoptique suivant :

Tableau I. — *Pertes complètes.*

1er mode — A et B marchent à cos $\varphi = 0{,}80$		2e mode — A marche à cos $\varphi = 1$; B fournit l'appoint et la puissance réactive.	
en A { 6 alternateurs	1 350 kw	en A { 5 alternateurs	900 kw
en A { 6 turbines hydrauliques	3 080	en A { 5 turbines hydrauliques	3 300
Ligne AG	1 170	Ligne AG	750
en B { 2 alternateurs	360	en B { 5 alternateurs	900
en B { 1 turbine à vapeur	p	en B { 1 turbine à vapeur	p
Ligne BG	2	Ligne BG	24
Total des pertes	$5\,962 + p$ kw	Total des pertes	$5\,874 + p$ kw

Voici donc un exemple concret, pourtant choisi favorable à dessein, où l'on gagne peu de chose sur les pertes totales, à peine 100 kw (pour une puissance totale en jeu de 21 000 kv-a), en faisant marcher à cos $\varphi = 1$ l'usine éloignée. On économise bien 400 kw sur les pertes en ligne, mais on perd 360 kw de plus parce qu'on a 10 alternateurs en marche, au lieu de 8, pour obtenir le même résultat.

Et encore, on néglige ici les pertes mécaniques des turbines à vapeur entraînées par les moteurs synchrones (à moins que l'on ne puisse découpler ces derniers de leurs turbines).

Ceci tient à ce que les pertes en ligne venant de la centrale éloignée sont relativement faibles.

Conclusion. — On voit que, dans la majorité des cas analogues, si l'on tient compte, comme il convient, de toutes les pertes, l'avantage de l'emploi des moteurs synchrones surexcités pour compenser le déphasage du réseau semble, en réalité, illusoire lorsque, comme dans le premier l'exemple typique précédent, on a une certaine latitude quant au nombre d'unités disponibles. Mais on aurait, d'ailleurs, un autre exemple typique, où la conclusion serait diamétralement opposée, si l'usine A avait disposé seulement de cinq groupes de 3 000 kw au lieu de sept; dans ce cas, la marche suivant le deuxième mode serait imposée, pour pouvoir utiliser en A toute la puissance hydraulique disponible avec les cinq groupes, de manière à brûler le minimum de charbon en B. Autrement, suivant le premier mode, on serait obligé de consommer deux fois plus de vapeur en B.

On voit combien les déductions peuvent se retourner suivant les circonstances, dans une même installation.

Ceci prouve bien l'importance capitale *d'une répartition rationnelle des puissances actives et réactives* entre centrales en parallèle sur un réseau et même entre les unités d'une même centrale, le cas échéant.

Dans ce but, un ingénieur compétent, capable d'apprécier tous les facteurs économiques et de donner

Digitized by Google

les ordres convenables, est indispensable pour conduire tout réseau important et faire face dans les meilleures conditions à tous les changements de situation durables.

L'existence d'un phasemètre général dans chaque centrale et même d'un phasemètre pour chaque unité de centrale lui facilitera l'accomplissement de sa mission de chef d'orchestre.

II. **Cas des longues transmissions.** — Dans les exemples démonstratifs ci-dessus, il s'agissait d'une ligne de transmission AG relativement courte, où la perte était, par conséquent, faible.

Mais il est bien évident que, lorsqu'il s'agira de plus longues distances, transmissions ou intercommunications entre grands réseaux, où l'on pourra avoir des pertes en ligne plus considérables, par exemple 10 pour 100 ou davantage, l'utilité d'une bonne répartition des puissances actives et réactives se fera d'autant plus sentir :

1° Pour réduire les pertes en ligne ;

2° Pour n'avoir pas à subir (en ce qui concerne le réseau acheteur de courant), de majoration de tarif pour déphasage, éventuellement.

Emploi des moteurs synchrones surexcités. — Les alternateurs générateurs fonctionnant à faible charge dans chaque centrale seront, quand il le faudra, convenablement surexcités pour se charger des courants réactifs. Les alternateurs disponibles, répétons-le, seront de même utilisés en moteurs synchrones surexcités, selon les indications ci-dessus.

Mais encore faut-il que chacun de ces derniers, accouplé avec le moteur qui les entraîne habituellement, et inactif pour l'instant, ne soit pas trop freiné par celui-ci, ou bien puisse être découplé de lui.

Ce désaccouplement ne sera même pas utile, à moins de marche de longue durée, lorsque le moteur est une turbine hydraulique fonctionnant non noyée, ou une turbine à vapeur, parce que, en l'absence de fluide moteur, les pertes mécaniques y sont faibles. Mais il pourra être nécessaire pour des turbines à basse chute, pouvant rester noyées, même à distributeurs fermés, à cause des pertes par brassage d'eau inerte, ou tous cas équivalents.

Si ces manœuvres devaient être fréquentes, des débrayages, pouvant être commandés en marche (une fois l'alternateur accroché) seraient utiles, à la condition d'être assez robustes pour ne pas donner d'ennuis en service courant.

Quant à l'installation de moteurs synchrones uniquement destinés à la fourniture de courant réactif pour relever le cos φ du réseau, c'est-à-dire ne pouvant pas marcher en générateurs, elle semble bien trop onéreuse pour des résultats problématiques, sauf peut-être dans certains cas particuliers, plutôt rares. Il ne faut pas oublier, en effet, comme on l'a vu, de tenir compte de toutes les pertes.

Si leur emplacement pouvait être prévu dans la centrale la plus proche du centre de consommation G, il deviendrait aussitôt plus avantageux de les munir d'un moteur, pour constituer un groupe générateur de réserve, afin d'augmenter leur utilisation.

Enfin, il faut aussi que ces moteurs synchrones, surexcités à vide, ne présentent pas, dans leur marche en parallèle sur le réseau, d'oscillations pendulaires, du fait de leur fonctionnement spécial, parce que ces oscillations, même si elles ne vont pas jusqu'au décrochage, déterminent des oscillations d'intensité et des oscillations de la tension du réseau.

Cette condition sera généralement réalisée avec les alternateurs modernes munis d'amortisseurs puissants, et l'on peut aussi faire usage d'amortisseurs mécaniques spéciaux, s'il était nécessaire, comme remède aux cas réfractaires.

E. Poirson,
Ingénieur-électricien I. E. G.

Sur l'emploi de l'huile dans les transformateurs

L'expérience a démontré que l'on pouvait déjà apporter quelques modifications au cahier des charges pour la fourniture des huiles de transformateur (Revue générale de l'Electricité, 29 mai 1920, t. VII, p. 727), notamment en ce qui concerne la durée de la cuisson, que l'auteur propose de ramener de 135 heures à 125 heures, et le poids de dépôt admissible qui serait fixé à 0,25 pour 100 au lieu de 0,35 toléré actuellement. Dans cette note, il fait ressortir aussi les dangers que font courir à l'huile l'humidité, une température trop élevée et le contact avec l'air et il indique quelles sont les précautions générales qu'il y a lieu de prendre contre ces inconvénients : touries étanches pour l'emmagasinage, étuves à vide conjuguées à des pompes à vide et des filtres-presses et, pour l'usage dans les transformateurs, emploi de conservateurs d'huile constitués par des bacs de dilatation. Nous pouvons, à ce propos, renvoyer le lecteur aux documentations suivantes : 7 février 1920, t. VII, p. 42 D et 21 octobre 1922, t. XII, p. 122 D.

L'emploi de l'huile comme isolant dans les transformateurs date d'une trentaine d'années environ ; il est un des facteurs les plus importants du développement de l'industrie électrique, car l'huile, seule, a permis de construire les transformateurs avec les tensions élevées, dont l'usage a donné à cette industrie l'envergure que nous constatons aujourd'hui. Les constructeurs de transformateurs ont préféré, dès les premières années, les huiles minérales extraites du pétrole ; quelques-uns, toutefois, ont fait usage pendant longtemps d'huile de

Digitized by Google

résine ou, encore, d'huile de paraffine ou même de paraffine pure.

Dans les premières années du développement de l'industrie électrique, la concurrence s'est fait très peu sentir et les matières premières étaient relativement bon marché. Pour cette raison les machines électriques, les transformateurs y compris, étaient construites largement et étaient, d'autre part, de puissance relativement faible. Dans ces conditions, l'emploi de l'huile n'a pas pu présenter d'inconvénient. Mais, lorsque, il y a une vingtaine d'années environ, on a mieux su utiliser les matières, que l'on s'est permis des échauffements plus élevés et que l'on a commencé à construire des appareils plus puissants, quelques constructeurs ont fait des expériences désagréables. Des transformateurs qui avaient fonctionné normalement pendant un certain laps de temps s'étaient subitement mis à chauffer; on a constaté que l'huile s'était transformée en un épais cambouis noir, recouvrant les parois de la cuve ainsi que les tôles et les enroulements du transformateur; ceux-ci ne pouvant plus se refroidir, l'appareil a été voué à une destruction inévitable.

Cette période marque, en effet, un arrêt dans l'emploi de l'utilisation de l'huile pour l'isolement des transformateurs et quelques constructeurs sont revenus, au moins temporairement, aux transformateurs dans l'air.

Le problème qui s'est posé était de savoir si cette formation de dépôt, ou décomposition, était un défaut inhérent à l'huile et si, par conséquent, il fallait renoncer à son emploi, ou s'il était possible de s'en affranchir. Raffineurs et constructeurs se sont mis à rechercher la solution du problème et nous savons qu'ils y ont réussi entièrement.

Mais nous savons aussi qu'actuellement encore des fournisseurs peu scrupuleux, ou qui ne connaissent rien dans la question, cherchent à écouler des huiles inaptes à servir dans les transformateurs, causant aux exploitants qui les emploient des pertes matérielles très élevées.

L'Union des Syndicats de l'Electricité s'est efforcée de protéger ses adhérents contre les agissements de ces fournisseurs en créant un cahier des charges pour la fourniture des huiles, cahier qui contient non seulement les chiffres auxquels toute bonne huile doit correspondre, mais encore l'indication exacte des modes opératoires destinés à les déterminer. Il est certain que la seule existence de ce cahier des charges a contribué énormément à améliorer les qualités des huiles mises sur le marché; à quelques fournisseurs, il a même appris ce que c'est qu'une huile pour transformateur.

Nous admettons connues les clauses de ce cahier des charges et notre but n'est pas d'en expliquer les termes. Nous nous permettrons toutefois, dans la suite, de faire quelques observations à son sujet, tendant surtout à la simplification des essais.

Il arrive malheureusement encore maintenant que des transformateurs présentent des dépôts, ou que leur huile se transforme en cambouis. Il est certain, comme nous l'avons dit plus haut, que cela est presque toujours la faute des fournisseurs. Mais le constructeur ou l'exploitant ne peut-il rien faire pour améliorer les conditions auxquelles l'huile est soumise, depuis sa réception jusqu'à son fonctionnement définitif dans le transformateur? Que de points ne sont pas observés pour conserver à l'huile les qualités qui lui ont été données par le raffinage et qui sont trop souvent négligés!

Les plus grands dangers pour l'huile sont l'humidité, une température trop élevée et le contact avec l'air. C'est sur ces points que nous voudrions attirer l'attention des constructeurs et des exploitants.

Dès la réception, on procède aux essais dont le plus important est la recherche de la quantité de dépôt. On prend les échantillons dans le plus grand nombre de fûts possible; l'appareil unifié du cahier des charges permet de soumettre 18 échantillons à la fois à cet essai.

Nous sommes tout à fait d'accord avec le règlement de l'Union des Syndicats de l'Electricité, mais nous voudrions nous permettre quelques suggestions dans le but d'une simplification des essais.

En premier lieu, nous voudrions voir remplacer l'essai de 135 heures par un essai plus court, car la longue durée de la cuisson présente bien des inconvénients, particulièrement pour le client, qui pendant ce temps, une semaine, ne sait pas s'il peut ou non accepter la livraison; nous savons que des recherches dans ce sens sont en cours. Si, toutefois, on maintient cet essai de longue durée, nous nous permettrons de proposer de le réduire à 125 heures; de cette façon, la cuisson commencée le lundi matin à 7 heures, serait terminée le samedi à midi. D'autre part, il nous semble que, dans l'intérêt des clients aussi bien que des fournisseurs, on pourrait diminuer la quantité de dépôt admissible lors de cet essai à 0,25 pour 100 et même à moins, au lieu de 0,3 pour 100, car ce dernier chiffre peut, à notre avis, encore être obtenu avec des huiles de qualité médiocre.

De plus, il nous semble que l'on devrait supprimer la mesure de l'indice de décoloration qui, il est vrai, ne doit servir qu'à titre d'indication pour se rendre compte de la qualité de l'huile avant les essais d'échauffement. Le chiffre 16 par exemple peut, en effet, être facilement dépassé quelque peu par des huiles qui, même lors de l'essai à 135 heures, ne donnent que des traces de dépôt sans compter que le facteur personnel de l'observateur joue un grand rôle dans cette mesure.

On pourrait supprimer de même la détermination de la perte de poids par évaporation et peut-être encore celle de la densité.

Quant à la viscosité, seul l'essai à 50° a une signification pour les transformateurs et, encore, devrait-on adopter une température d'essai qui se rapproche davantage de la température réelle à laquelle ces appareils fonctionnent; la mesure à 20° est sans valeur pour reconnaître les qualités de viscosité d'une huile de transformateur et n'a de l'intérêt que pour les huiles pour interrupteurs.

On semble, d'autre part, attacher beaucoup d'impor-

Digitized by Google

tance à l'essai diélectrique qui n'est d'ailleurs pas toujours effectué avec toutes les précautions nécessaires. L'huile doit être séchée au préalable dans le vide dans un appareil du genre de celui prescrit par le cahier des charges; elle doit être versée dans le récipient parfaitement séché du spintermètre; aucune matière textile, mais du cuir souple doit être employé pour le nettoyage des boules. La courbe de la tension d'essai doit être sinusoïdale et l'augmentation de la tension doit toujours être obtenue graduellement dans le même laps de temps. Mais, malgré ces précautions, on trouve des différences énormes entre les essais effectués sur différents échantillons de la même huile; un premier essai peut, par exemple, donner 35 000 v et un deuxième, 45 000 v. Cela provient de certaines impuretés, souvent de dimensions microscopiques, suspendues dans l'huile. Des recherches récentes ont démontré que toute huile est un bon isolant après un filtrage et un séchage soignés. En conséquence, l'essai diélectrique n'a pas sa place dans un cahier des charges; il a son utilité avant l'emploi de l'huile traitée, car il permet de se rendre compte si l'huile que l'on verse dans une cuve de transformateur est suffisamment filtrée et sèche.

Lorsque les essais sont terminés et que l'huile a été reconnue bonne, elle devrait, pour sa parfaite conservation, être emmagasinée dans des citernes étanches, recouvertes de matières céramiques, dans lesquelles elle ne s'altère pas et où elle peut être maintenue libre de toute impureté. Tout atelier moderne possède un système de tuyauterie, en communication avec les citernes, qui permet d'amener l'huile au moyen de pompes aux étuves de séchage. Le séchage doit se faire dans le vide à une température de 60 à 70° environ, pour qu'aucune altération ne puisse avoir lieu. Depuis les étuves de séchage, l'huile traverse un filtre-presse qui retient toutes les fibres et impuretés qui pourraient y être suspendues pour aller finalement aux endroits d'utilisation.

Il y a lieu de distinguer entre les transformateurs dont les dimensions permettent le transport dans leurs cuves remplies d'huile et entre ceux qui doivent être démontés pour l'expédition. Tous sont à soumettre dans des cuves à vide à un séchage préalable, très prolongé, qui enlève toute trace d'humidité, toujours contenue dans les isolants, dans les bois et entre les tôles. Les cuves des premiers sont remplies, quand les transformateurs sont encore chauds, d'huile séchée provenant du filtre-presse et on soumet, dans certains ateliers bien outillés, les transformateurs en entier à un deuxième séchage dans les cuves à vide. L'huile des autres transformateurs est expédiée, après séchage, dans des fûts métalliques si possible; le transformateur lui-même et sa cuve sont à soumettre à un deuxième séchage sur place, avant le remplissage. Les différents modes de séchage sur place sont expliqués en détail dans les « Règles de normalisation des transformateurs », éditées par la Chambre syndicale de Gros Matériel électrique, et auxquelles nous renvoyons le lecteur pour plus ample information. Nous ajoutons, toutefois, l'excellent mode de séchage qui consiste à construire la cuve des transformateurs de façon qu'elle puisse servir elle-même de cuve à vide. Une installation transportable, consistant en une pompe à huile, un filtre et une chaudière à vapeur ou électrique permet d'aspirer l'huile du transformateur et de la passer à travers la chaudière dans le filtre d'où elle retourne dans la cuve. L'air et les vapeurs d'eau sont aspirés à la partie supérieure de la cuve au moyen d'une pompe à vide. Cette installation est aussi très recommandable lorsque, par un accident, l'huile a été surchargée d'eau, ou même si le transformateur a longtemps été arrêté.

Une température trop élevée constitue, après l'humidité, le plus grand danger pour l'huile. Le règlement international prescrit 90°C comme maximum de la température de l'huile. L'expérience a prouvé que cette température est encore parfaitement admissible, tandis qu'à 110°C environ les huiles commencent déjà à brunir, surtout lorsqu'elles sont en contact avec l'air.

Nous en venons ainsi au dernier point de notre exposé qui est d'attirer l'attention des constructeurs et exploitants sur l'énorme avantage que possèdent les transformateurs munis de conservateurs d'huile, constitués par des bacs de dilatation. Tous les transformateurs sans exception devraient être munis de ces appareils, qui empêchent non seulement la formation des dépôts, mais qui préservent les transformateurs de la condensation d'eau si redoutée à l'intérieur des couvercles. On devrait munir les bacs de poches remplies de chlorure de calcium, ou d'un produit analogue, pour permettre au transformateur de respirer à travers une matière qui enlève jusqu'aux dernières traces d'eau.

Lorsqu'on remplit le transformateur d'une huile provenant d'un bon fournisseur, en respectant les précautions que nous venons d'énumérer, les formations de dépôts et les claquages par humidité de l'huile ne sont plus jamais à craindre.

H. Mercier.

Digitized by Google

Revues, analyses et informations

Choix de la tension aux bagues dans les moteurs asynchrones ayant un induit constitué par un enroulement à doubles barres (1).

Nous avons donné dans le numéro précédent de la « Revue générale de l'Electricité », p. 814, un tableau montrant les tensions aux bagues que l'on emploie actuellement en Allemagne pour les moteurs asynchrones. Ces renseignements proviennent, pour les moteurs d'une puissance inférieure à 10 kw, de 26 maisons allemandes, établissant des types tournant de 750 à 3000 t : mn et, pour les puissances supérieures à 10 kw, de 20 maisons pour des types tournant de 500 à 3000 t : mn. On voit, par ce tableau, qu'à partir de 10 kw, il y a une certaine concentration de points qui correspondent à des moteurs ayant un rotor à barres. Les deux droites épaisses délimitent la zone où se trouvent la majeure partie des points figuratifs des tensions aux balais dont les valeurs extrêmes diffèrent, de 10 kw jusqu'au delà de 100 kw, de ± 20 pour 100 de la valeur moyenne.

Maintenant, si l'on veut rechercher la tension aux bagues qui sera la plus favorable à une normalisation des démarreurs, c'est-à-dire si l'on recherche le meilleur rapport $\frac{e}{i}$, il faut voir s'il est possible de réduire cet écart entre les valeurs extrêmes à moins de ± 20 pour 100. Or, cette possibilité se manifestera de plus en plus dans l'avenir grâce à la diminution du nombre de modèles entre 10 et 100 kw, nombre qui serait ramené à 9.

Par une observation progressive de ces essais de normalisation, on peut espérer que les prochaines séries de moteurs unifiés seront construites avec des dimensions revi-

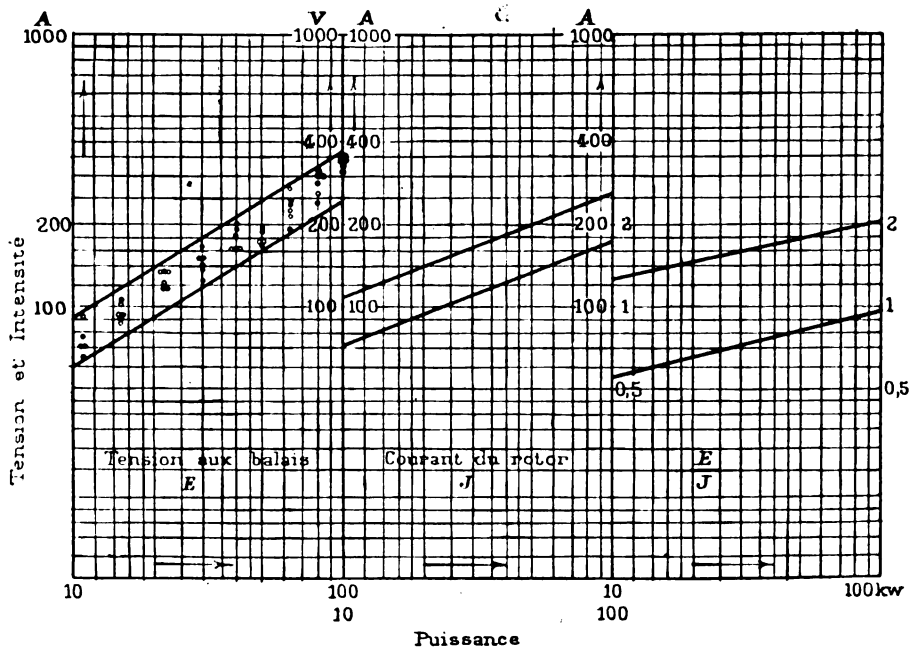


Fig. 1, 2 et 3. — Valeurs de la tension et de l'intensité du courant en fonction de la puissance pour des moteurs à deux barres par encoche.

sées et alors l'étude de F. Blanc permettra de juger si les moteurs ont bien leurs tensions comprises dans les limites indiquées par lui.

Par une modification simple, on obtient la formule suivante pour la tension aux bagues dans les moteurs à deux barres par encoche, formule qui ne contient que quelques facteurs nécessaires

$$E_b = 0{,}4\,\frac{B\,N_z}{CD}\,P.\,10^{-3}\ \text{kw},$$

B, étant l'amplitude de l'induction dans l'entrefer, supposée sinusoïdale : N_z, le nombre d'encoches ; C, la caractéristique de puissance égale à $\frac{P}{D^2 ln}$; D, le diamètre de l'induit et P, la puissance développée.

B peut être considéré comme pratiquement constant, car il varie peu. C est une grandeur dépendant du pas polaire. N_z et D varient entre certaines limites, N_z surtout suivant le nombre de pôles et D suivant le nombre de sections, qui ne doit pas être trop grand. En attribuant à ces 4 facteurs des valeurs bien déterminées, on a établi une nouvelle série de moteurs pour lesquels on a calculé la tension aux bagues. Dans la figure 1, les valeurs individuelles de la tension suivant la puissance sont représentées par des petits cercles et les droites limites qui ont été tracées sont à peu près les mêmes que sur la figure déjà reproduite où on donnait les différentes valeurs adoptées par les mai-

(1) W. Zedenbohm. *Elektrotechnische Zeitschrift*, 23 mars 1922, t. XLIII, p. 383-385, 2800 mots, 1 tab., 3 fig.

Digitized by Google

sons concurrentes. Les cercles pleins correspondent aux valeurs de la tension aux bagues pour les vitesses habituelles de 1 500, 1 000 et 750 t : mn, qui peuvent descendre à 600 et 500 t : mn pour la puissance de 100 kw, ou varier, pour 11 kw, de 750 à 3 000 t : mn. Un exemple de calcul est donné par le tableau suivant, dans lequel, pour la puissance de 50 kw, sont consignées les valeurs des facteurs séparés et de la tension aux bagues que l'on en déduit. L'induction dans l'entrefer est la même pour les types de vitesse différente et égale à $B = 6\,600$ gauss. Le moteur à 3 000 t : mn est un peu particulier à cause de la faible section des encoches du rotor : le nombre d'encoches est seulement de 24 avec 6 barres par encoche et l'induction est de 6 000.

TABLEAU I.

n	3 000	1 500	1 000	750	600	500
l	2	1,9	1,78	1,71	1,58	1,5
D	12	36	40	50	50	56
N_r	24	72	90	120	120	108
E_b	300	194	170	188	178	172

Dans la figure 2, on peut voir qu'un resserrement des limites n'est plus possible et que l'on devra déjà s'estimer heureux lorsque les quelque 20 maisons intéressées auront accepté de choisir entre ces limites la tension aux bagues de leurs moteurs. Dans la normalisation des rhéostats de démarrage, il faut, dans tous les cas, tenir compte de ces limites, car il ne serait pas logique, en vue du démarreur, de modifier certaines caractéristiques très importantes du moteur, telles que l'induction dans l'entrefer B, la caractéristique massique C ou le diamètre D. Le seul facteur sur lequel on peut agir pour faire varier la tension aux bagues est le nombre d'encoches N_r. Mais, ici encore, on trouve une limite supérieure impossible à dépasser, imposée qu'elle est par la solidité générale ou l'exécution de dents suffisamment résistantes. Une autre difficulté est causée par le nombre d'encoches du stator, car le nombre d'encoches du rotor doit être différent de celui du stator. D'autres possibilités de modifier la tension aux bagues sont apportées par le changement des caractéristiques de l'enroulement du rotor, par exemple, par la substitution de l'enroulement par bobines courtes à l'enroulement diamétral généralement adopté, mais ces innovations entraînent toujours une augmentation des pertes : de légères modifications sont seulement possibles, si l'on ne veut pas être conduit à exécuter des moteurs trop chers et trop lourds.

Si on se contente, par conséquent, de situer la tension aux bagues entre les limites proposées, on obtient une réduction très importante du nombre de démarreurs, pour chaque puissance. Il doit même être possible d'arriver à un seul type de démarreur pour une puissance déterminée.

Maintenant on peut se demander ce qu'il faudra faire aux moteurs, assez nombreux, caractérisés par des tensions aux bagues élevées et dont le rotor est toujours bobiné, pour ramener leur tension aux bagues dans les limites proposées. Pour la plupart d'entre eux, il est possible, par une transformation convenable de l'enroulement, de baisser la tension aux bagues jusqu'à une valeur acceptable ; par contre, certains devront être rebobinés complètement ; il paraît donc maintenant nécessaire de rechercher pourquoi certaines maisons ont adopté l'enroulement en barres et d'autres l'enroulement par bobines et s'il est réellement nécessaire de conserver à la fois ces deux systèmes comme le cas se produit souvent aujourd'hui pour les moteurs de 10 à 100 kw. Examinons pour cela lequel des deux enroulements, en barres ou en bobines, est le plus avantageux au point de vue électrique ou industriel.

Le tableau suivant montre les avantages et les inconvénients de chaque système.

TABLEAU II.

	5,5 kw $n = 1\,500$ t : mn		5,5 kw $n = 1\,000$ t : mn		10 kw $n = 1\,500$ t : mn	
	Barre	Bobine	Barre	Bobine	Barre	Bobine
Tension aux bagues, en volts	50	147	47	210	75	190
Intensité dans le rotor, en ampères	69	23,5	73,5	16,5	33	33
Nombre d'encoches	72	60	72	72	72	60
Largeur minimum des dents, en millimètres	2,62	2,62	2,9	2,45	2,9	2,8
Induction dans l'entrefer, en gauss	7 560	7 560	7 460	7 460	7 549	7 540
Induction maximum dans les dents, en gauss	20 000	23 600	19 500	23 600	9 700	24 400
Courant magnétisant, en ampères	3,64	4,3	3,92	4,95	4,35	5,46
Courant de court-circuit, en ampères	49,2	49	45	45	78	77
cos φ maximum	0,89	0,87	0,86	0,83	0,9	0,89
cos φ à pleine charge	0,87	0,85	0,85	0,82	0,9	0,88
Nombre de conducteurs par encoche	2	7	2	9	9	7
Densité de courant, en A : mm²	4,9	5,65	4,4	5,25	5,1	5,4
Longueur des connexions frontales	0,203	0,14	0,154	6,13	0,204	0,166
Poids de l'enroulement	5,6	3,75	6,2	4,7	7,05	6,1
Pertes dans l'enroulement, en watts	310	280	278	513	546	490
Total des pertes, en watts	1 013	1 018	938	997	1 680	1 644
Rendement, en centièmes	84,4	84,4	85,2	84,5	85,6	85,7

La comparaison a été faite de la manière suivante : des moteurs identiques ayant le même stator ont eu leur rotor muni d'un enroulement d'abord en barres, puis en bobines et l'on a mesuré, dans chacun de ces deux cas, les valeurs caractéristiques.

On a comparé deux moteurs de 5,5 kw, tournant à 1 500 et 1 000 t : mn et un moteur de 10 kw, 1 500 t : mn. Pour les moteurs à 1 500 t : mn, le nombre d'encoches est plus petit dans le rotor bobiné que dans le rotor à barres, afin de compenser le mauvais coefficient d'utilisation des encoches.

Digitized by Google

réduit à cause de l'isolement plus fort et de la forme ronde des conducteurs.

Pour la vitesse de 1 000 t : mn le nombre d'encoches pour un induit bobiné ne peut pas être choisi plus petit que pour un induit à barres, car on en aurait un nombre égal à celui des encoches du stator. Si on essayait de diminuer ce nombre d'encoches du stator, on serait conduit à des fuites par dispersion exagérées et, par suite, à un facteur de puissance inadmissible. On voit également que, pour ne pas avoir, avec un induit bobiné, plus de pertes qu'avec un induit à barres, on augmente notablement l'induction dans les dents. Il en résulte qu'on obtient, à courant de court-circuit égal, un courant magnétisant beaucoup plus élevé, et un facteur de puissance plus mauvais de 2 pour 100 et quelquefois même de 3 pour 100, pour les moteurs à 1 000 t : mn. La section des conducteurs est, pour un enroulement bobiné, choisie telle que le diamètre du fil soit égal à la largeur de l'encoche comptée avec son isolant. Le nombre de conducteurs se calcule ensuite d'après la profondeur des encoches fixée par l'induction dans les dents. La densité du courant est toujours supérieure à celle des rotors à barres. Malgré cela, on obtient avec les rotors bobinés, exception faite des moteurs à 1000 t : mn, des pertes légèrement plus faibles qu'avec les induits à barres, parce que la largeur de l'induit est notablement plus petite. Le rendement, calculé par les pertes séparées, ne se présente donc jamais plus mauvais, malgré un plus mauvais facteur de puissance ; on le trouverait vraisemblablement meilleur avec les balais baissés en tenant compte des pertes de contact et de frottement. Remarquons encore que le poids du cuivre de l'enroulement du rotor est plus petit pour le rotor bobiné que pour le rotor à barres qui lui est comparé, à cause de la plus forte densité de courant et de la plus petite longueur de l'enroulement de l'induit.

Il ne reste donc plus, du point de vue électrique, qu'une légère diminution du facteur de puissance dans les moteurs à induit bobiné, diminution qui doit nous faire renoncer à ce type, à cause des ennuis qu'elle cause aux usines de production, s'il n'y a pas d'autres avantages particuliers qui militent en faveur du rotor bobiné, et qui sont une plus grande sûreté de fonctionnement et un prix de premier établissement moindre.

En ce qui concerne la sécurité de fonctionnement, on voit tout de suite que l'induit bobiné n'est pas préférable à l'induit à barres. On peut, au contraire, affirmer que ce dernier, pour les fortes puissances et les grandes vitesses, est, par sa plus faible tension aux bagues, bien plus avantageux que l'induit bobiné.

En ce qui concerne le prix de revient, une comparaison décisive ne peut être faite, vu les divers modes de réalisations qu'adoptent les différents constructeurs. Trois grandes maisons, A. E. G., Bergmann, S. S. W. et une autre de moindre importance, se sont prononcées pour l'induit à barres pour les puissances supérieures à 11 ou 15 kw. Les autres firmes préconisent l'induit à barres seulement pour des puissances plus grandes, jusqu'à 50 kw maximum. Ces dernières revendiquent, en faveur de l'induit bobiné qu'il peut être établi avec de la main-d'œuvre féminine. Cet argument n'est d'ailleurs valable que tant que les fils ne sont pas trop gros. Les grandes maisons font en majeure partie exécuter les rotors à barres de leurs petits moteurs par des femmes, ce qui leur permet de profiter également d'une main-d'œuvre bon marché.

Plusieurs essais de comparaisons ont montré qu'il n'y avait pas de différence sensible entre les prix de revient des moteurs à induit à barres ou à induit bobiné, pour les puissances comprises entre 7 et 15 kw, car, malgré un poids de cuivre moindre, le rotor bobiné revient plus cher que le rotor à barres.

Un autre avantage de l'induit bobiné sur l'induit à barres est le suivant : pour une tension aux balais plus élevée et une plus faible intensité dans le rotor, les connexions diverses, les balais et les contacts du rhéostat de démarrage peuvent être prévus plus petits ; mais il est bien difficile de chiffrer cet avantage. On ne peut pas, en effet, dépasser 250 v pour la tension aux bagues des petits moteurs, pour ne pas les faire classer comme des moteurs à haute tension par les règlements en vigueur. D'ailleurs les porte-balais et les contacts du démarreur ne sont pas seulement dimensionnés d'après l'intensité ; il faut, pour avoir un bon coefficient de sécurité mécanique, les calculer au point de vue mécanique beaucoup plus largement que ne l'exigerait la seule considération électrique. En tout cas, cette économie sur le démarreur n'intervient que peu, car, si les contacts et les balais sont plus chers, les résistances elles-mêmes sont meilleur marché, car les fortes intensités conduisent à une longueur moindre et à des sections plus fortes. Il est donc très difficile d'affirmer que le moteur à rotor bobiné est avantageux quant au rhéostat qu'il demande.

Il faudrait aussi se convaincre le plus tôt possible de ce fait qu'une limite sera fixée pour la construction des rotors bobinés et des rotors à barres ; que, comme il n'y a pas de raison fondamentale à construire des rotors bobinés pour les puissances au-dessus de 11 kw et pour toutes les vitesses, il convient de construire les rotors avec deux barres par encoche et qu'enfin on devra pour le moins ramener la tension aux balais des rotors bobinés existants aux valeurs proposées pour les rotors à barres. — B. H.

L'enregistrement des signaux radiotélégraphiques à grande vitesse (1).

Le prix de revient de plus en plus élevé des stations, la tendance à l'augmentation de la puissance d'émission, ont conduit à la recherche de vitesses de trafic de plus en plus considérables. La plupart des émetteurs actuels sont munis de systèmes à relais permettant d'émettre à la vitesse de 100 mots par minute, et il n'y a pas de raison pour que l'on n'atteigne pas des vitesses beaucoup plus élevées en employant des tubes à vide à la place des relais mécaniques. La limite des vitesses de trafic est imposée par l'appareil récepteur et c'est de ce côté qu'il faut chercher une nouvelle amélioration.

Afin de mieux comprendre les conditions de fonctionnement d'un service à grande vitesse, nous allons décrire brièvement le système employé généralement. La figure 1 représente le fonctionnement en duplex adopté en Amérique. Le bureau central se trouve à New-York et c'est de là que sont effectuées toutes les opérations de réception ou de transmission. La station d'émission se trouve à Port Jefferson (Long Island), et la station de réception à Riverhead (à environ 29 km de Port Jefferson). Les opérations de transmission s'effectuent au bureau central de New-York au moyen d'une ligne télégraphique ; les signaux reçus à Riverhead sont envoyés au bureau central au moyen d'une ligne téléphonique. Les opérateurs à l'émission et à la réception sont placés l'un près de l'autre (à une table commune) ce qui facilite le fonctionnement en duplex.

Cette disposition nécessite une série de conditions pour les appareils enregistreurs à grande vitesse. Ce sont :

1° Délai minimum pour le passage de l'enregistrement des signaux à leur transcription ;

(1) J. Weinberger. *Proceedings of the Institute of Radio Engineers*, juin 1922, t. x, p. 176-205, 2500 mots, 22 fig.

Digitized by Google

2° Le prix de revient de l'enregistrement doit être aussi faible que possible: C'est là un point important puisque la majeure partie du trafic à tarif réduit, tels que les messages de presse, les différés..., sont envoyés à grande vitesse ;

3° Le matériel enregistreur doit être aussi simple et aussi solide que possible pour ne pas nécessiter de soins continuels ;

4° L'enregistrement devra pouvoir être conservé de façon que l'on puisse vérifier les erreurs, étudier le fonctionnement du trafic et rechercher les moyens de l'améliorer ;

5° Le signal qui est envoyé sur la ligne téléphonique par

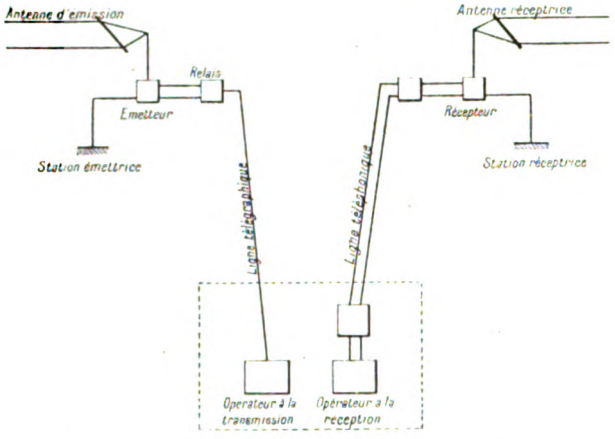


Fig. 1. — Schéma du fonctionnement en duplex d'une station radiotélégraphique américaine.

l'appareil récepteur devra avoir entre 500 et 1 500 p : s. L'appareil enregistreur devra pouvoir accepter toute fréquence donnée dans cet intervalle, et permettre une fluctuation considérable au-dessus ou au-dessous de cette fréquence ;

6° Limites de vitesse. Actuellement on travaille à la vitesse de 40 à 50 mots (200 à 250 lettres) par minute, et l'on a parfois même atteint 80 mots à la minute. La limite est imposée par les incidents de relais à l'extrémité émettrice et par les parasites à l'extrémité réceptrice. Il est probable que bientôt l'on transmettra à la vitesse de 100 mots à la minute. Le système enregistreur devra donc fonctionner régulièrement à la vitesse de 80 mots à la minute ; il sera prévu pour pouvoir être facilement modifié en vue de vitesses plus élevées (par exemple de 200 mots à la minue) sur les circuits à faible portée ;

7° Le déchiffrage par l'opérateur des signaux enregistrés devra être aussi rapide que possible. L'opérateur n'a pas le temps d'étudier la bande, et il vaudra mieux obtenir une bande facile à déchiffrer avec des vitesses inférieures, qu'une bande à grande vitesse, mais nécessitant un effort pour son déchiffrage. Les lettres ou les signes devront être très nettement tracés dans le cas de l'inscription graphique ; les sons devront être forts et nets, et les points et traits bien marqués, dans les enregistreurs acoustiques. C'est là un point d'importance capitale ;

8° L'effort nécessaire pour que l'opérateur distingue à l'enregistrement le signal du parasite devra être égal ou inférieur à celui qui est nécessaire dans la réception à l'oreille ;

9° L'appareil enregistreur devra pouvoir fonctionner de façon ininterrompue. L'installation de deux appareils pour assurer un service continu n'est pas économique et est inacceptable.

Différents systèmes enregistreurs. — On peut les diviser en deux classes : les enregistreurs acoustiques et les enregistreurs graphiques.

A. *Enregistreurs acoustiques.* — L'enregistreur acoustique est relié à l'appareil récepteur à la place des téléphones ; un appareil amplificateur à fréquence acoustique est en général employé en avant de l'enregistreur, de façon à compenser les pertes.

L'avantage de l'enregistreur acoustique est que l'on utilise l'expérience qu'ont les opérateurs de distinguer, à l'oreille, les signaux des parasites.

Dans un premier type d'appareils (télégraphone Poulsen), un fil d'acier se déplace rapidement entre une paire d'électroaimants parcourus par le courant à fréquence acoustique. L'enregistrement se fait sous forme de charges magnétiques qui restent fixées sur le fil.

Un second type d'enregistreur est le phonographe (dictophones, édiphones...) ; l'enregistrement se fait sur des disques de phonographe.

Ces deux modèles d'enregistreurs ont de graves défauts :

1° Il s'écoule trop de temps entre l'enregistrement et le déchiffrage. Dans le télégraphone à fil, par exemple, il faut environ une demi-heure, à cause de la grande longueur de fil employé, pour que les signaux puissent être déchiffrés. Avec le phonographe, ce délai n'est plus que de quatre à six minutes, mais c'est encore trop.

2° Le prix de revient est trop élevé. Il faut, en effet, pour assurer un service continu, deux appareils enregistreurs et quatre à six appareils transcripteurs. Il faut, en outre, remettre à neuf les disques utilisés avant de les employer pour un nouvel enregistrement.

3° Il est impossible de conserver l'enregistrement des signaux reçus, ou alors on serait conduit à une dépense inacceptable en disques phonographiques.

4° Dans le télégraphone, le fil se déplaçant à grande vitesse casse parfois. Les phonographes doivent être souvent visités et les avaries sont assez fréquentes.

5° Enfin, ces systèmes sont limités à la vitesse d'environ 40 mots par minute.

B. *Enregistreurs graphiques.* — Ils sont de deux types : l'enregistreur photographique, dans lequel les signaux sont enregistrés sur du papier photographique ; l'enregistreur stylographique, dans lequel les signaux sont écrits avec de l'encre sur du papier ordinaire, soit sous forme d'une ligne sinueuse, soit sous forme de traits et de points.

Les plus employés actuellement sont les enregistreurs graphiques qui comprennent l'imprimeur Morse et le « siphon recorder ». Ces deux genres d'appareils sont en service depuis longtemps sur les lignes télégraphiques et sur les câbles ; ils offrent de nombreux avantages : visibilité instantanée du signal enregistré, bon marché, permanence de l'enregistrement, fonctionnement continu, simplicité mécanique...

Mais l'appareil qui a donné en Amérique les meilleurs résultats est une variété du « siphon recorder » et qui consiste essentiellement en une petite bobine circulaire placée dans le champ radial produit par un électroaimant puissant. Le porte-plume est porté à une extrémité par un ressort en acier, mince, mais large ; à l'autre extrémité, il reçoit une plume d'environ 1,27 cm. Cette plume prend de l'encre dans un encrier spécial, à une de ses extrémités, et écrit sur la bande de papier avec l'autre extrémité. Le porte-plume est en aluminium, la plume en laiton. Lorsque l'électroaimant est mis en action et que le courant du signal passe dans la petite bobine, celle-ci se soulève et soulève en même temps le porte-plume ; la plume trace alors un trait vertical sur la bande de papier qui se déplace lentement.

Différents amplificateurs ont été essayés pour être associés à cet appareil enregistreur. Ces amplificateurs devaient également assurer une discrimination aussi grande que possible entre les signaux et les parasites. L'auteur donne le résultat de ces recherches et termine en décrivant des installations-type et en montrant des spécimens de bandes enregistrées. — G. M.

Digitized by Google

SECTION ÉCONOMIQUE & FINANCIÈRE

Le nouveau régime des chemins de fer. Les résultats de la période de transition

L'auteur analyse, d'après les comptes et les observations présentés à l'occasion de la réunion des assemblées générales, les bilans des compagnies de chemins de fer pour l'exercice 1921; il examine la répercussion produite par les premières applications du nouveau régime institué par la loi du 29 octobre 1921 et conclut à la renaissance prochaine de la prospérité des grandes exploitations ferroviaires.

I. **Considérations générales.** — Les valeurs de chemins de fer, classées avant la guerre parmi les meilleures, avaient, du fait des charges imposées par la période de guerre et des dommages consécutifs, subi jusqu'en 1920 une défaveur, qui s'est heureusement changée depuis près d'un an, en regain de faveur. Cette hausse, méritée à plus d'un titre, n'est pas la conséquence de la seule spéculation; elle est surtout l'expression de la confiance des « compétences », confiance justifiée non seulement par les espoirs qu'a pu faire naître l'application du nouveau statut des compagnies de chemins de fer, mais aussi la constatation des premiers résultats obtenus au cours de la période transitoire sanctionnée par la clôture de l'exercice 1921.

En effet, la loi du 29 octobre 1921, portant application de la convention du 28 juin précédent, bien que d'application officiellement postérieure à l'exercice clos le 31 décembre 1921, a, en réalité, joué avant sa mise en vigueur légale, et tous les comptes d'exploitation des grandes compagnies ont été élaborés en conformité des prescriptions de l'article 14 de la loi du 29 octobre 1921.

Aussi est-il intéressant d'examiner comment, malgré les charges consécutives à la guerre (réparations, reconstitutions d'ouvrage d'art, réduction de la durée du travail journalier, améliorations diverses) et les exigences du nouveau régime (suppression des versements de l'Etat pour parfaire les insuffisances de recettes des compagnies jouissant encore de la garantie d'intérêts, introduction du régime du fonds commun, etc.), les compagnies ont résisté aux difficultés de la période transitoire, aggravée par l'étendue et la persistance de la crise économique.

1. Réseau de la Compagnie des Chemins de fer de l'Etat et de la Compagnie de l'Ouest rachetée. — Le réseau de l'Etat, dont les comptes d'exploitation ne sont pas publiés à l'occasion de la réunion des assemblées d'actionnaires annuelles, révèle un déficit approximatif supérieur à 700 millions de francs que devra couvrir le fonds commun, déficit équivalent sensiblement à celui couvert en 1921 par le budget des travaux publics.

Pour la Compagnie de l'Ouest, en liquidation, le rapport des concessionnaires relève que les recettes de l'exercice 1921 s'élevaient à 119 225 244 fr, dont 116 097 098 fr fournis par l'annuité de rachat. Le total des charges et dépenses s'élève à 117 379 945 fr, sur lesquels 41 451 750 fr, affectés à l'amortissement des titres (actions et obligations). L'excédent des recettes sur les diverses dépenses ressort à 1 845 298 fr.

Sur cet excédent, il doit être prélevé 450 000 fr afin de pouvoir ajouter, comme précédemment, 1,50 fr au dividende conventionnel des 300 000 actions, lequel reste fixé à 22,50 fr pour les actions de jouissance et, en y ajoutant 17,50 fr pour les intérêts, à 40 fr pour les actions de capital. Le surplus de l'excédent des recettes devra être reporté à la réserve, dont le total atteint actuellement 53 942 737 fr.

2. Réseau de la Compagnie des Chemins de fer du Nord. — Le réseau du Nord, qui a dû faire face à des charges exceptionnelles de reconstitution et qui, à la suite de la lente reconstruction des régions dévastées, n'a encore pu reprendre son activité antérieure, a fourni un effort considérable.

Le total des recettes s'élève à près de 1 milliard de francs, en augmentation, en chiffres ronds, de 125 millions de francs sur les crédits de 1920. Les dépenses se sont élevées à 1 069 821 132 fr, en diminution de 146 657 728 fr sur 1920. En déduisant le tiers de la dépense de la ligne d'Amiens à Rouen, qui demeure à la charge de l'Etat, la dépense d'exploitation du réseau du Nord s'élève à 1 059 559 477 fr.

Le coefficient d'exploitation ressort à 107,60 pour 100 au lieu de 140 pour 100 en 1920. A l'insuffisance des produits de l'exploitation, qui est de 74 916 337 fr, s'ajoute la perte sur l'exploitation des Chemins de fer de Ceinture de Paris, d'où il résulte que l'excédent des dépenses d'exploitation sur les recettes du « compte unique d'exploitation » est de 77 170 726 fr.

C'est d'après ce résultat d'exploitation, que la liquidation de l'exercice doit être opérée conformément aux

Digitized by Google

dispositions de l'article 15 de la convention du 28 juin 1921, par un prélèvement sur le fonds commun, que cette convention a institué.

Ces prélèvements s'élèvent au total à 246 947 150,44 fr.

D'autre part, la Compagnie a dû emprunter une somme de près de 14 millions de francs, ce qui porte l'avance totale à l'Etat à 260 millions en chiffres ronds.

Or, cette somme est inférieure de plus de moitié à celle de l'année 1920. Une fois prélevée, sur la somme que la convention attribue à la Compagnie du Nord, la part nécessaire au service de l'intérêt et de l'amortissement des actions et obligations et des autres charges du capital, il reste une disponibilité qui, jointe à des reliquats de soldes d'exercices précédents, a permis au Conseil d'administration d'ajouter 8 fr par action au dividende des exercices antérieurs.

Le dividende de l'exercice 1921 a donc été fixé à 62 fr par action entière et à 46 fr par action de jouissance. Il n'a pas été tenu compte cette année, dans la répartition, de la prime de gestion, qui représente 8 à 9 fr par action.

3. Réseau de la Compagnie des Chemins de fer de l'Est. — Le réseau de l'Est, très obéré lui aussi par la guerre et ses conséquences, présente, dans les conditions actuelles, un résultat également réconfortant, gage d'un optimisme raisonné pour un proche avenir.

Les recettes totales, impôts déduits, s'élèvent à 910 186 688 fr. La recette brute du trafic est de 905 134 180 fr en augmentation de 184 508 198 fr, soit 25,60 pour 100 sur celle de 1920. La recette-voyageurs est de 197 650 000 fr en augmentation de 30 millions en chiffres ronds, soit exactement 17,78 pour 100 sur celle de 1920 et la recette de la messagerie est de 78 935 787 fr en augmentation de 11 584 000 fr, soit 17,20 pour 100. La recette « petite vitesse » est de 638 millions et demi en chiffres ronds, en augmentation de 147 682 000 fr soit 30,70 pour 100. Mais ce développement des recettes ne correspond pas à une augmentation du trafic équivalente.

Les majorations de tarifs résultant des lois des 31 mars 1918 et 14 février 1920 entrent dans le total pour 487 038 453 fr. En les déduisant, la recette, comparable à celle de 1913, n'est que de 418 095 726 fr.

Le total des dépenses d'exploitation est de 905 368 939 fr en augmentation de 21 104 369 fr sur 1920.

Le coefficient d'exploitation ressort à 99,47 pour 100. Il était, il est vrai, de 121,65 pour 100 contre 60,62 pour 100 en 1913.

La liquidation de l'exercice 1921 peut se résumer ainsi : aux dépenses d'exploitation il convient d'ajouter les charges du capital et des emprunts, le dividende conventionnel des actions et le montant de la prime allouée tant au réseau (30 780 000 fr) qu'au personnel (7 514 981 fr), ce qui donne au total 1 305 101 970 fr. En retranchant de ce chiffre le montant des recettes, il apparaît une insuffisance de 159 915 010 fr, qui devra être couverte par le fonds commun.

Néanmoins le dividende, en tenant compte de cette situation, a pu être fixé à 40 fr par action de capital et à 20 fr par action de jouissance, et dans ces chiffres la répartition de la part de prime attribuée au réseau est inscrite pour 4,50 fr par action.

4. Réseau de la Compagnie du Chemin de fer Paris-Orléans. — Le réseau de la Compagnie de l'Orléans, évidemment moins atteint par la guerre que ceux du Nord et de l'Est, malgré la charge consécutive aux détériorations des voies et du matériel, s'est imposé de gros sacrifices pour le développement de son programme d'électrification, en cours de réalisation.

Bien que, du fait de la crise économique, le tonnage de transports ait été, en 1921, inférieur à celui effectué en 1920, ses produits dépassent de 73 millions ceux de 1913.

Mais le total des dépenses s'est élevé à 1 094 361 387 fr sur lesquels les services généraux prélèvent 126 millions, dont 115 millions affectés aux allocations au personnel (retraites, secours, etc.). Les dépenses du service d'exploitation s'élèvent à 256 millions, celles du matériel et de la traction à 280 millions, et celles de la voie et des locaux à 129 millions de francs.

Le chapitre des indemnités pour pertes, retards et avaries atteint le chiffre de 35 449 983 fr. Si considérable que paraisse cette somme, elle est inférieure de près de 14 millions à la dépense correspondante de 1920. C'est une amélioration à souligner. Si l'on défalque les opérations concernant les exercices clos, l'insuffisance du produit de l'exploitation s'élève à 174 702 692 fr et le coefficient d'exploitation ressort à 119,01 pour 100. En 1920, il avait atteint 135,22 pour 100.

Les recettes du trafic offrent en 1921 une augmentation de 3 268 891 fr sur 1920, soit un accroissement de 0,56 pour 100. Toutefois, si l'on retranche des recettes le produit des majorations générales de tarif, concédées temporairement aux grands réseaux, on constate, inversement, une diminution de recettes, qui atteint 15 795 622 fr, soit 3,52 pour 100 sur les recettes de 1920, les majorations complémentaires n'ayant été appliquées que pendant dix mois de l'année 1921.

Enfin, si l'on fait abstraction de toute majoration de tarif, on constate qu'il a été réalisé un excédent de recettes sur les transports de voyageurs, mais que cet excédent n'a pu compenser le fléchissement des recettes de la Compagnie sur les transports des marchandises, fléchissement dû à la crise économique, qui a sévi en 1921.

Pour la liquidation de l'exercice, présentée dans la forme prévue par l'article 15 de la convention du 28 juin 1921, approuvée par la loi du 29 octobre 1921, il y a lieu de déduire de la recette brute les dépenses d'exploitation, les charges effectives du capital et des emprunts, le dividende réservé et la prime de gestion instituée par l'article 14 de la convention, qui apparaît pour la première fois, et qui s'élève à 2 152 330 fr, dont un tiers, soit 717 443 fr pour le réseau et deux tiers soit 1 434 886 fr, pour le personnel.

Digitized by Google

Ces déductions opérées, il ressort une insuffisance totale de recettes de 385 180 576 fr qui devra être couverte par le fonds commun, institué par la nouvelle convention.

Le déficit, cependant, est inférieur d'environ 109 millions de francs à celui de 1920.

Le dividende a pu être fixé, comme les années précédentes, à 59 fr par action entière et à 44 fr par action de jouissance ; un supplément de 3 fr par action provenant des revenus des immeubles et réserves appartenant aux actionnaires a été ajouté au dividende conventionnel.

5. Réseau de la Compagnie des Chemins de fer de Paris a Lyon et la Méditerranée. — Le réseau du Paris-Lyon-Méditerranée, comme les précédents réseaux, a dû, depuis la guerre, s'imposer des dépenses considérables pour assurer la réfection de ses voies et de son matériel et pour mettre en route son important programme d'électrification.

Le total des recettes pour l'exercice 1921 s'élève à 1 670 825 186 fr sur lesquels les recettes du trafic, y compris les majorations de tarifs, sont inscrites pour 1 642 206 631 fr.

En grande vitesse la recette-voyageurs est de 426 881 463 fr et celle des messageries, colis postaux, etc., de 212 305 634 fr. La recette des marchandises, voitures et animaux en petite vitesse est de 1 002 958 533 fr. Par suite la recette-voyageurs se trouve supérieure de 133 653 152 fr à celle de 1920 ; la recette petite vitesse est supérieure de 30 pour 100 à celle de 1920. La messagerie grande vitesse, par contre, fournit un produit inférieur d'environ 12 pour 100 à celui de 1920, du fait de la crise industrielle. Les dépenses générales sont de 187 millions de francs en chiffres ronds, en augmentation de 30 millions soit 19 pour 100 sur 1920.

La dépense de combustible est de 368 millions de francs environ, en diminution de 36 pour 100 sur les chiffres de 1920.

Bien qu'encore très élevés, les prix ont subi une baisse très sensible entre le début et la fin de l'exercice.

Les indemnités pour pertes, avaries ou retards comportent en 1921 une dépense de 59 791 423 fr contre 99 406 600 fr en 1920, soit une diminution de 40 pour 100.

La liquidation de l'exercice s'établit ainsi : à l'insuffisance des recettes pour couvrir le déficit de l'exploitation, il y a lieu d'ajouter les charges effectives (intérêts et amortissements) du capital et des emprunts, les insuffisances des exploitations annexes, parmi lesquelles les ceintures de Paris ; la prime, calculée aux termes de la convention, s'élève à 2 898 954 fr, dont 966 318 fr, pour le réseau et 1 984 636 fr, pour le personnel ; l'insuffisance totale à couvrir par le fonds commun est donc de 425 663 014 fr.

Par application de la convention du 28 juin, la somme mise à la disposition des actionnaires est de 42 984 758 fr donnant un dividende de 55 fr aux actions de capital et de 35 fr aux actions de jouissance.

6. Réseau de la Compagnie des Chemins de fer du Midi. — Le réseau du Midi, touché comme tous les autres réseaux par la crise industrielle, est surtout lourdement grevé par l'importance de son programme d'électrification ; il a néanmoins pu améliorer sensiblement sa situation par rapport à celle de 1920.

Les dépenses du réseau au compte d'exploitation se sont élevées à 499 405 286 fr, en diminution sur 1920 de plus de 45 millions, soit 8,33 pour 100, et en augmentation, par rapport aux dépenses de 1913, de 418 725 212 fr, soit 525,24 pour 100. Elles correspondent à une dépense kilométrique de 122 760 fr, inférieure de 11 165 fr à celle de 1920.

Il y a réduction de dépenses sur presque tous les chapitres.

Cette diminution tient, pour une part importante, à ce qu'une somme de 24 millions pour rappels de traitements afférents à l'exercice 1919 avait été imputée à l'exercice 1920, augmentant ainsi exceptionnellement les dépenses de ce dernier exercice.

Quant au reste des dépenses d'exploitation réellement comparables entre elles l'année 1921 marque une économie de 35 millions de francs en chiffres ronds, soit 7 pour 100 sur 1920.

Les indemnités pour pertes, avaries ou retards, qui, en 1920, dépassaient 24 millions de francs, sont descendues en 1921 à 17 millions. Si notable que soit l'amélioration, c'est encore un chiffre démesurément élevé pour le trafic.

Le coefficient d'exploitation pour 1921 est de 118,62 pour 100 ; il était en 1920 d'environ 150 pour 100.

Le règlement de l'exercice s'établit de la façon suivante : en ajoutant à l'insuffisance du produit de l'exploitation le montant des charges du capital, augmenté de la somme de 6 250 000 fr prévue au § D de l'article 15 de la convention du 28 juin et la prime qui s'élève au total à 2 864 218 fr (dont la part du réseau est 954 739 fr et celle du personnel 1 909 478 fr), la somme à verser à la compagnie par le fonds commun institué par l'article 13 de la convention est de 185 900 083 fr.

Le Conseil d'Administration a estimé qu'il convenait de « verser provisoirement à la réserve, en augmentation de son revenu pour l'exercice 1921, la prime de 954 739,41 fr, qui revient à la Compagnie ». Il lui a paru opportun de différer à l'année suivante la décision relative à la répartition qui pourrait en être faite. Le « nouveau régime sera alors complètement entré en vigueur, et il sera possible de mieux apprécier les résultats à atteindre ». En conséquence il a été attribué, comme les années précédentes, pour intérêts et dividendes 50 fr aux actions de capital et un dividende de 25 fr aux actions de jouissance.

II. **Conclusion**. — En résumé, malgré la crise économique et les difficultés de l'heure présente, l'insuffisance du produit des cinq grands réseaux (l'Etat

Digitized by Google

excepté) est en amélioration de plus de 830 millions sur l'année précédente.

Si le nouveau régime débute par un passif de 2 milliards de francs, qui affectera à l'origine le fonds commun créé, il faut tenir compte que, du fait de la diminution visible de l'acuité de la crise générale, des moindres dépenses prévues pour la réfection du matériel et des voies, et des diverses améliorations en cours de réalisation, tout porte à croire que les compagnies de chemins de fer s'orientent nettement vers un renouveau de prospérité, après avoir amélioré leur rendement et perfectionné leur outillage.

En tout cas, leur résistance au cours de ces dernières années, du fait des charges énormes à elle imposées par la guerre et ses suites, constitue la meilleure preuve de leur valeur intrinsèque et du mérite de leurs administrateurs.

La baisse du charbon aidant, le développement de la traction électrique réduisant la consommation de celui-ci dans des proportions appréciables, par suite de la nécessité de son transport, de son emmagasinement, triage, etc., une part importante de dépenses sera dorénavant supprimée. Dès que les frais d'installation des stations et des lignes seront amortis, le budget des compagnies sera allégé et, si le trafic prend, comme semblent l'indiquer les dernières statistiques, le fonds commun au lieu de s'endetter, s'accroîtra, il fonctionnera comme caisse de secours et non plus comme banquier !

L'ombre la plus opaque au tableau reste le réseau de l'Etat, dont les dépenses ne paraissent pas pouvoir subir la même compression ; il est à prévoir que dans un bref avenir il sera seul à puiser dans le fonds commun, pour des raisons inhérentes à son statut, mais peut-être finira-t-il par être lui aussi affermé ! Le contribuable y gagnerait certainement.

FERNAND-JACQ,
Docteur en droit,
Avocat à la Cour de Paris.

Assemblées générales

Société Electro-Câble.

ASSEMBLÉE GÉNÉRALE EXTRAORDINAIRE DU 10 OCTOBRE 1922.

Les actionnaires ont été réunis en assemblée générale pour vérifier et constater l'augmentation du capital votée par l'assemblée extraordinaire du 28 juillet 1922. Il avait été décidé que le capital serait augmenté de 6 000 000 fr par l'émission, au prix de 525 fr, de 12 000 actions de priorité 7 pour 100 au prix de 500 fr chacune, payable par quart lors de la souscription et le surplus aux époques qui seraient fixées par le Conseil avec faculté pour les souscripteurs de libérer leurs titres en totalité dès la souscription.

Par suite des autorisations qui lui avaient été données, le Conseil a recueilli la souscription des 12 000 actions privilégiées 7 pour 100 nouvelles et a reçu souscription à 7 472 actions au taux de 500 fr et à 4 528 actions au taux de 125 fr représentant le quart du montant de chacune des actions souscrites et qu'en outre chaque souscripteur a versé une prime de 25 fr par chacune des actions souscrites par lui.

Les souscriptions et versements sont constatés par une déclaration faite par M. H. Laporte, administrateur et délégué à cet effet par le Conseil d'admisistration. Le nombre des actions souscrites et le montant des versements effectués s'élèvent à une somme de 4 602 000 fr (soit 4 302 000 fr pour le capital et 300 000 fr pour la prime).

La résolution suivante a été votée :

L'assemblée générale, après vérification, reconnait la sincérité de la déclaration faite par M Laporte, administrateur et délégué du Conseil d'administration, suivant acte reçu par Me Père, notaire à Paris, le 6 octobre 1922, de la souscription des 12 000 actions de priorité 7 pour 100, de 500 fr, représentant l'augmentation de capital de 6 millions de francs, décidée par l'assemblée générale du 29 avril 1922, le Conseil d'administration du 21 juin 1922 et l'assemblée générale du 28 juillet 1922, et du versement du capital nominal pour 7 472 actions et du premier quart pour 4 528 actions.

En conséquence, cette augmentation étant définitivement réalisée, le capital social qui était de quatorze millions de francs est élevé à vingt millions et les modifications apportées aux articles 7, 14, 19, 32, 39, 43, 44 et 46 des statuts, par l'assemblée générale du 28 juillet 1922, sous la condition suspensive de cette réalisation, deviennent définitives.

ERRATUM

A propos de l'analyse : « Note sur le calcul des déversoirs de crues des barrages réservoirs », publiée dans la « Revue générale de l'Electricité » du 28 octobre 1922, t. XII, p. 641-643, faire les rectifications suivantes :

1° Page 642, bas de la 1re colonne, 5e ligne, au lieu de : cette dernière condition est naturellement mieux remplie si le canal...

Lire : cette dernière condition n'est naturellement plus remplie si le canal...

2° Page 643, bas de la 2e colonne, 15e ligne, au lieu de : Le petit parcours de transition...

Lire : Sur le petit parcours de transition (suivant les observations de l'auteur, il a une longueur d'environ 1 à 1,2 T) devrait donc également se faire la transition de 1,3 B à B.

Digitized by Google

SECTION DE LÉGISLATION

Droits d'enregistrement et de transcription
Résumé des principes élémentaires et des innovations récentes

S'il est un point sur lequel les doléances sont unanimes, c'est la multiplicité des lois fiscales; un député demandait dernièrement la refonte, dans une loi unique, de toutes les prescriptions nouvelles : c'est une idée excellente qui, cependant, ne supprimerait point la difficulté; celle-ci ne peut être aplanie que par un essai portant sur une vue d'ensemble. C'est l'objet du présent article demandé par ceux qui font quotidiennement des contrats, notamment de sociétés.

Une erreur très répandue consiste à croire que certaines prescriptions légales, plus particulièrement envisagées dans la pratique au point de vue fiscal, n'ont d'autre but que de procurer de l'argent au Trésor : évidemment, celui-ci est satisfait des encaissements que font les receveurs (droits d'enregistrement) et les conservateurs des hypothèques (droits d'inscription et de transcription) : le « Journal officiel » du 13 septembre 1922 nous indiquait que, pendant les huit premiers mois de l'année 1922, le produit des droits d'enregistrement pour les seules mutations immobilières était de 546 millions et celui des taxes hypothécaires de 33 millions de francs.

Mais, en réalité, lorsque la formalité s'accomplit, elle a une utilité réelle pour celui qui la paie (en cela, elle se distingue radicalement de la sujétion stérile d'écrire sur du papier timbré dont la vignette n'augmente pas la valeur du contrat, et il serait au moins aussi agréable d'écrire sur du papier ordinaire); l'enregistrement donne aux actes, indépendamment de toute intervention notariale, une date certaine; la transcription les révèle aux tiers et rend opposables les droits de propriété, de servitude ou de bail de longue durée que nous avons obtenus ou consentis.

Nous ne parlerons, bien entendu, que des actes sous seings privés; pour les actes authentiques, le simple fait que l'on s'adresse à un notaire indique que l'on veut remettre à une personne qualifiée le soin de faire tout le nécessaire.

I. Innovation en matière d'enregistrement. — A. Principe des innovations. — Il est difficile de comprendre en quoi consiste une innovation si l'on n'a pas une idée très exacte de ce qui existait auparavant. On peut dire qu'en matière d'enregistrement, tout l'édifice juridique a été créé par la loi du 22 frimaire an VII et qu'il a été jeté par terre en 1918, de même que le système des contributions créées par les *quatre vieilles*, dont il a été si souvent question dans la presse pendant le cours de ces derniers mois, a été démoli par la loi de 1914, dite de l'impôt sur le revenu, et surtout par la loi du 31 juillet 1917 sur l'impôt cédulaire.

Ce n'est point parce que la loi du 22 frimaire an VII avait créé des tarifs fiscaux qu'elle doit être considérée comme la loi organique de notre système : les tarifs sont faits pour être modifiés..... dans le sens de la surélévation, généralement; mais la base qui a vécu plus de cent vingt ans était celle-ci :

La « Régie » française admettait dans l'article 22 de la loi précitée que le contractant *ne devait* faire enregistrer dans *un délai strict* que :

1° Les *actes* qui touchent à la constitution de droits réels, depuis la vente de la propriété qui est le résumé et la somme de tous les droits jusqu'à la constitution d'une servitude moyennant un prix fixé (voir le *Dictionnaire de Dalloz*, v° Servitude n° 204);

2° Les *actes* relatifs à la jouissance des biens meubles et immeubles, c'est-à-dire les baux des objets mobiliers ou immobiliers.

Nous avons souligné à dessein le mot « actes », car le législateur paraît, tout d'abord, l'avoir employé sans penser probablement au stratagème des contractants qui, alléguant une confiance réciproque, affirmaient l'absence absolue de toute rédaction. Sans doute, la loi de frimaire an VII (art. 12 et 13) permettait à l'administration fiscale de considérer comme preuve suffisante d'un contrat, toute inscription du nouveau détenteur au rôle des contributions directes; c'est ce qui fait dire qu'en matière fiscale, la *mutation* consiste dans le déplacement de la propriété *apparente*, mais cela ne suffisait pas pour percevoir des pénalités : deux lois sont venues imposer au contractant une déclaration détaillée et estimative, alors même qu'il prétendrait s'être dispensé de recourir à un écrit.

C'est d'abord la loi du 27 ventôse an IX (art. 4) : « sont soumises aux dispositions des articles 22 (enregistrement) et 38 (pénalité du double droit) de la loi du 22 frimaire an XII, les mutations entre vifs de propriété ou d'usufruit de biens immeubles, lors même que les nouveaux possesseurs prétendraient qu'il n'existe pas de convention écrite entre eux et les précédents pro-

Digitized by Google

priétaires ou usufruitiers; à défaut d'actes, il y sera suppléé par des déclarations détaillées et estimatives dans les trois mois de l'entrée en possession à peine d'un droit en sus (1). »

C'est ensuite l'article 11 (alinéa premier) de la loi du 23 août 1871 qui vise essentiellement les baux : « lorsqu'il n'existe pas de convention écrite constatant une mutation de jouissance de biens immeubles, il y est suppléé par des déclarations détaillées et estimatives dans les trois mois de l'entrée en jouissance » (2). (Il existe, dans les bureaux des receveurs, des formules toutes prêtes que l'on peut remplir, mais il n'est pas obligatoire de s'en servir ».

Pour tous les actes autres que ceux désignés par l'article 22, l'article 23 de la loi du 22 frimaire an VII prenait soin d'avertir immédiatement les contribuables qu'ils étaient libres de ne les faire enregistrer qu'au moment où cela paraissait convenable à leurs intérêts, *sauf le cas où il en serait fait usage en justice ou dans un acte public.*

Et encore il a été apporté un adoucissement à cette règle de l'enregistrement préalable à la production par l'article 22 de la loi du 11 juin 1859 en ce qui concerne les marchés commerciaux, puisque, d'après cet article, ils peuvent n'être enregistrés qu'au droit fixe avant l'instance, et ne supporter le droit proportionnel que sur la partie qui comportera dans le jugement une condamnation ou une reconnaissance.

Nous terminerons cet exposé général par deux considérations relatives : l'une, aux ventes de *fonds de commerce* et l'autre, aux actes *constitutifs de société.*

Pour les premiers (*fonds de commerce*), la loi du 28 février 1872 considérant que la vente, fréquente et souvent importante, des fonds de commerce était une bonne proie pour le fisc a déclaré qu'elle devrait être enregistrée dans le délai de trois mois; pour compenser ce que cette modification pouvait avoir de dur, le législateur a créé deux tarifs, l'un plus élevé qui vise les éléments incorporels du fonds de commerce et l'autre plus doux qui frappe les marchandises neuves. On peut dire que la loi de 1872 a étendu le régime de l'article 22 de la loi de frimaire an VII aux fonds de commerce dont la cession se trouve, sur ce point, assimilée à celle des immeubles.

Pour les *actes constitutifs de société*, beaucoup de personnes croient que des lois spéciales les ont assujettis à un enregistrement dans un délai fixe. C'est une erreur qui n'a pas une grande importance, car en pratique, elle se rapproche de la vérité.

En effet, les sociétés commerciales doivent être publiées dans un certain délai et, comme cette formalité suppose un enregistrement antérieurement accompli, il est juste de dire que la date n'en est pas laissée au choix des parties. Mais il n'existe aucun texte visant le délai pour l'acte constitutif.

On doit même remarquer que le droit fiscal, en ce qui concerne les sociétés, est assez modéré, puisque les droits proportionnels ne sont dus que sur le procès-verbal de la délibération constatant la constitution définitive d'une société par actions ; même l'acte notarié qui constitue l'accomplissement des formalités préalables à la création de la société et la déclaration de souscription de versement ne sont passibles que du droit fixe de 6 fr, comme les statuts eux-mêmes.

Les tarifs étaient, en général, établis par la loi de frimaire an VII dont le dernier titre intitulé : « fixation des droits » contient deux articles 68 et 69, chacun divisé en un nombre considérable de paragraphes : le premier de ces articles vise les droits fixes et le second les droits proportionnels.

Evidemment, beaucoup de tarifs ont subi, par des lois subséquentes, des majorations importantes. La première est connue sous le nom de *décimes*. On appelle ainsi une taxe égale au dixième de l'impôt et qui, en vertu de la loi, vient s'ajouter au montant de l'impôt lui-même. C'est une sorte « d'hypocrisie fiscale » qui avait été inaugurée pour inciter les contribuables à croire à un impôt supplémentaire purement temporaire; mais, comme ce temporaire s'est converti en un définitif immuable, on peut considérer les décimes comme incorporés à l'impôt; on renonce aujourd'hui à cette majoration qui rend le calcul difficile; les augmentations prononcées en raison de la guerre de 1914 ont été *nettes*, et il y a lieu de s'en féliciter (1).

Toutefois, pour l'intelligence de ce que l'on appelle les *décimes en sus*, il faut savoir qu'une loi du 6 prairial an VII, postérieure de quelques mois à celle qui, le 22 frimaire de la même année avait établi les tarifs, les a majorés d'un décime (10 pour 100); un second décime avait été ajouté par d'autres lois avec des vicissitudes

(1) Thèse fiscale consacrée par de nombreux arrêts : 6 mars 1872, *Dal.* 1872, 1 201. (Affaire Coudriu contre Enregistrement).

(2) C'est ce que l'on appelle, en style courant, la déclaration de location verbale. L'article 27 de la loi du 25 juin 1920 a limité l'obligation aux baux qui, à Paris, excèdent 2 000 fr et en province 1 000 fr. Cet adoucissement dans la rigueur fiscale provient de ce fait que l'Administration, depuis la loi du 27 mai 1918, n'a plus besoin d'être renseignée aussi minutieusement sur ce que produit un immeuble, ladite loi ayant remplacé, pour la perception des droits successoraux, la fixation de la valeur de l'immeuble d'après une capitalisation empirique mais légale, par une déclaration estimative de sa valeur.

(1) C'est ainsi que la loi du 25 juin 1920 porte, à plusieurs reprises, cette rubrique « sans décime » : dans l'article 24 qui fixe les nouveaux droits pour les transmissions de biens meubles et de fonds de commerce, à 5 pour 100; dans le même article, en ce qui concerne les droits sur les marchandises neuves, à 1,25 pour 100; dans l'article 25, ventes de biens immeubles, 10 pour 100 et 12 pour 100, sauf restitution quand il y a déclaration de revente future; baux à vie et à durée illimitée, 8 pour 100; droit de transcription relatif à un acte de société qui constate un apport immobilier payé par actions, 2 pour 100; dans l'article 26, droits sur les baux de biens immeubles à durée limitée de toute nature, 0,60 pour 100.

La même loi contient, même en ce qui concerne le droit fixe, une disposition formelle, article 27 : le principal des divers droits d'enregistrement et des droits minima auxquels sont assujettis par les lois en vigueur les actes civils, administratifs, judiciaires ou extrajudiciaires est porté au double, mais n'est plus soumis aux décimes.

Digitized by Google

diverses de suppression et de reprise; mais il a été réinstallé définitivement dans notre législation par l'article premier de la loi du 23 août 1871, ce qui majorait nos tarifs de 10 pour 100 encore, soit de 20 pour 100 au total ; enfin, la loi du 30 décembre 1873 a inauguré un demi-décime en plus des deux décimes précédents, soit 5 pour 100 ; cela revient à dire que pour tout tarif augmenté des décimes légaux, il y aura lieu de procéder à une majoration de 25 pour 100 ou du quart.

Enfin, nous étions habitués à faire enregistrer nos actes dans le bureau que nous choisissions nous-mêmes sans autre guide que notre bon plaisir, à ne pas être tenus de déposer un original entre les mains du receveur, à n'être pas soumis à une formule consacrée pour affirmer notre sincérité et, dans la plupart des cas, à n'avoir à redouter comme amendes que la pénalité du droit en sus, connue sous le nom de « double droit ».

Il a suffi d'une seule année 1918 pour faire basculer cet équilibre dont nous avions tous la si grande habitude.

Peu d'années — heureusement — sont aussi riches en dispositions fiscales; à l'intervalle de quelques semaines, l'année 1918 a vu paraître :

1° *La loi du 18 avril 1918* relative aux mesures contre les fraudes fiscales; elle est souvent dans la pratique désignée par le nom de loi sur les coffres-forts parce que son article premier prescrit la présence d'un notaire au moment de l'ouverture d'un coffre après décès. Mais, en matière contractuelle, elle est intéressante en ce sens que, par l'article 7, elle enjoint à tout contractant d'inscrire une formule de déclaration de sincérité, ce qui permettrait de requérir, en cas de fraude, les pénalités prévues à l'article 366 du Code pénal : « emprisonnement d'une année au moins et d'une amende de 100 à 3000 fr. »

2° *La loi du 27 mai 1918* qui, pour la liquidation des droits de donation ou de succession, ou encore en matière d'échange, a prescrit une déclaration estimative à faire par les parties pour la perception des droits.

3° *La loi du 29 juin 1918*, dite loi budgétaire de l'exercice 1918 qui, dans ses articles 12, 13, 14, 15, a innové sur les points suivants :

a) Enregistrement, dans le délai de trois mois à compter de leur date de tous les actes synallagmatiques autres que ceux qui sont des ventes ou des marchés dans le sens de l'article 22 de la loi du 11 juin 1859.

b) Formalité à accomplir dans le bureau de la situation des biens quand il s'agira de transmission en propriété ou en jouissance de biens immeubles ou de fonds de commerce et dans le bureau du domicile des signataires pour les autres actes.

c) Nécessité de déposer à l'enregistrement un double de l'acte présenté.

d) L'élévation, par l'article 15, du tarif de 0,20 à 1 pour 100 quand il y a *apport* en société ; ce tarif a eu des alternatives diverses puisque, créé par la loi du 28 février 1872 (art. 1er) sous la forme graduée, il a été rendu proportionnel par la loi du 28 avril 1893 et fixé à 0,20 pour 100; il est aujourd'hui à 1 fr et a été respecté par la loi du 25 juin 1920, qui ne l'a pas majoré; que l'apport soit en espèces, en meubles ou en immeubles, du moment qu'il est rémunéré par des actions le tarif est immuable au point de vue enregistrement. Nous verrons plus tard qu'il faut tenir compte d'une majoration en ce qui concerne la taxe hypothécaire de transcription.

B. Résumé. — Si nous avions à citer les deux années classiques en matière fiscale, nous répondrions sans hésiter : *l'an VII et 1918* ; nous pourrions y ajouter, peut être, *1920*.

Si nous mettons une grande différence entre les deux premières d'une part et la dernière, d'autre part, c'est que celle-ci n'est en somme qu'une loi de surélévation de tarifs. Or, les échelles montantes sont fréquentes en matière fiscale. Le premier groupe, au contraire, est subversif.

II. **Innovation en matière de transcription.** — Sur ce point, les changements sont beaucoup moins radicaux, comme il est facile de s'en apercevoir dans ce qui va suivre.

Mais il n'est pas inutile de rappeler, d'abord, ce que signifie en droit civil le mot *transcription* ; il désigne une formalité qui s'accomplit au bureau des hypothèques pour assurer la transmission de la propriété à l'égard des tiers. Elle a été créée par la loi du 11 frimaire an VII, profondément réduite par le Code civil, reprise et étendue par la loi du 25 mars 1855, non seulement aux ventes immobilières et aux constitutions de droits réels, mais encore aux baux excédant dix-huit années.

Puisque c'est une formalité, elle doit donner lieu à la la perception d'un impôt et celui-ci est entièrement distinct du droit d'enregistrement.

Il s'est d'ailleurs dédoublé à partir de la loi du 27 juillet 1900, en deux parties : *le droit de transcription* proprement dit qui était antérieur, et la *taxe*, dite hypothécaire, qui a été créée le 27 juillet 1900.

A. Le droit proprement dit de transcription a été, à son origine, de 1,50 pour 100, plus deux décimes et demi ; il est aujourd'hui, par la loi du 25 juin 1920 (art. 25, dernier paragraphe) de 2 pour 100 sans décime.

On l'a peu présent à l'esprit, parce qu'aujourd'hui, ainsi qu'il va être expliqué, il est plus rarement perçu, à titre isolé, qu'autrefois. Mais néanmoins, il subsiste, notamment quand un acte de société contenant un apport immobilier rémunéré exclusivement par des actions d'apport est présenté au fisc, l'Administration de l'Enregistrement est chargée par l'article 8 de la loi du 13 juillet 1911 de percevoir, en plus du droit d'enregistrement (aujourd'hui 1 pour 100), le droit de transcription qui était de 1,50 pour 100 et est aujourd'hui, depuis l'article 25 de la loi du 25 juin 1920, 2 pour 100. Cet article de la loi de 1911 est ainsi conçu : article 8 : « Lorsqu'un acte de société constatant un apport immo-

Digitized by Google

bilier ne donnera pas ouverture, à raison de cet apport, au droit de mutation entre vifs à titre onéreux, le droit d'enregistrement exigible sur la valeur en capital de cet apport sera augmenté du droit de 1,50 pour 100. La formalité de transcription au bureau du Conservateur des Hypothèques ne donnera lieu à aucun droit proportionnel autre que la taxe établie par la loi du 27 juillet 1900. »

Si nous disons que ce droit de transcription est moins souvent qu'autrefois perçu à titre isolé, cela provient de ce que, depuis la loi du 25 avril 1905, le droit proportionnel d'enregistrement qui était autrefois de 5,50 pour 100 a été porté à 7 pour 100 pour toutes les ventes d'immeubles ou constitutions de droit réel ; en échange, le droit de transcription a disparu, tout en laissant subsister la taxe hypothécaire dont il va être parlé et, de plus, par l'article 6, il est permis d'écrire sur papier non timbré tous les actes de vente immobilière.

Il en est encore ainsi aujourd'hui, sauf que le droit, au lieu d'être de 7 pour 100 est de 10 pour 100, mais l'article 25 de la loi du 25 juin 1920, maintient expressément la disparition du droit proprement dit de transcription.

B. La taxe hypothécaire a été créée par la loi du 27 juillet 1900 pour remplacer les droits de timbre de registre qui sont supprimés, elle a été fixée au taux de 0,25 pour 100. Toutefois, elle était réduite de moitié pour les transcriptions des actes qui, avant la loi de 1855, n'étaient pas soumis à cette formalité, notamment pour les baux de plus de dix-huit ans dont la transcription n'est obligatoire que depuis cette dernière loi.

La loi de finance du 30 avril 1921 a augmenté le tarif de 0,25 et l'a porté à 0,40 pour 100, mais elle permet toujours le demi-droit pour les actes qui jouissaient déjà de cette faveur, c'est-à-dire principalement pour les baux de durée longue, mais néanmoins limitée.

Exemples divers. — 1° Si nous supposons un industriel qui, apportant un terrain à une Société, en reçoit le prix en actions, les frais d'enregistrement à la charge de cette société seront de 1 pour 100; mais, au moment de la perception, il sera réclamé en vertu de la loi du 13 juillet 1911 (art. 8) un droit de transcription de 2 pour 100 (d'après le tarif de l'article 26 de la loi du 25 juin 1920) : quand l'acte d'apport sera transcrit (ce qui n'est même pas obligatoire puisque les parties sont libres de ne pas désirer faire les choses dans toute leur régularité) il ne sera perçu aux hypothèques qu'une taxe qui, créée par la loi du 13 juillet 1911, est de 0,40 pour 100, d'après le tarif nouveau de la loi du 30 avril 1921 (art. 5);

2° Si nous supposons un industriel faisant un apport d'un bail supérieur à dix-huit ans et rémunéré par des actions d'apport, le droit de 1 pour 100 sur le chiffre représenté par des actions est toujours dû, mais pas le droit de transcription proprement dit de 2 pour 100, car ce droit n'a été créé que pour les mutations immobilières et non pas pour les baux ; lorsque ceux-ci sont transcrits, à cause de leur longue durée, la taxe hypothécaire est seule due ; elle est de la moitié de la taxe qui serait due pour une mutation immobilière, d'après la loi du 27 juillet 1900 (art. 3) ce qui, au tarif actuel de l'article 26 de la loi du 25 juin 1920, donne 0,20 pour 100 (1).

3° Si un industriel vend à un tiers (ou ce qui est la même chose apporte un immeuble contre deniers à une société) il paiera au fisc 10 pour 100 du prix et une taxe hypothécaire de 0,40 pour 100 ;

4° S'il cède un bail, le droit est de 0.60 pour 100 sur tous les loyers restant à payer (avec la taxe hypothécaire de 0,20 si le bail est supérieur à dix-huit ans, quand le titre sera présenté à la formalité) ;

5° Mais si ce bail présente tous les caractères d'un bail emphytéotique (définis dans la loi du 25 juin 1902 : impossibilité de la tacite reconduction, amélioration restant au bailleur, etc...), l'enregistrement de la cession serait alors au droit de 10 pour 100. C'est la conséquence du dernier article de la loi du 25 juin 1902. Dans le premier alinéa cet article permet bien d'enregistrer et de transcrire lesdits baux d'après les tarifs applicables aux baux immobiliers. Mais le second alinéa déclare que « les mutations de toute nature ayant pour objet soit le droit du bailleur, soit le droit du preneur sont soumises aux dispositions de la loi du 22 frimaire an VII et des lois subséquentes concernant les transmissions de propriété d'immeubles. Le droit est liquidé sur la valeur vénale déterminée par une déclaration estimative des parties.

Paul Bougault,
Avocat à la Cour d'Appel de Lyon.

(1) A côté des baux de durée très longue, mais cependant limitée jusqu'à quatre-vingt-dix-neuf ans, l'Enregistrement admet le bail à durée illimitée qu'il ne faut pas confondre avec le bail à durée indéterminée ; la Régie a sur ce point des idées bizarres : nous avons vu notamment des contrats portant sur des droits d'emplacement de poteaux et de fils pour des distributions d'énergie électrique interprétés par elle dans le sens d'un bail à durée illimitée et non pas dans le sens d'une constitution de servitude. L'étude complète de cette difficulté nous entraînerait trop loin ; nous conseillons la lecture de l'ouvrage de Wahl, t. 1, n° 688, dans lequel l'auteur déclare que la transcription est applicable au bail de durée illimitée, et il remarque que, si l'opinion contraire a été défendue, c'est que ses partisans identifient les baux à durée illimitée avec les baux à durée indéterminée ; au n° 420 de son ouvrage, il définit le bail à durée illimitée comme étant celui qu'aucune des parties ne saurait terminer par sa propre volonté. Répondant à cette objection prévue que, dans ce cas, le bail à durée illimitée se confond avec le bail perpétuel (lequel, d'après certains auteurs, serait interdit par la loi), il fait remarquer, en termes excellents : d'une part, qu'un tarif fiscal frappe même les contrats nuls et que, d'autre part, d'une façon générale, on déclare que le bail perpétuel n'est pas intrinsèquement nul, mais que sa durée doit être seulement réduite à quatre vingt dix-neuf ans (loi du 18-29 décembre 1790).

Digitized by Google

REVUE GÉNÉRALE DE L'ÉLECTRICITÉ

Organe de l'Union des Syndicats de l'Électricité

réunissant

LA REVUE ÉLECTRIQUE 1904-1916 — LA LUMIÈRE ÉLECTRIQUE 1879-1916

DIRECTEUR : J. BLONDIN, Agrégé de l'Université.

6e ANNÉE. — TOME XII. — N° 23. — 9 DÉCEMBRE 1922.

Chronique. — Comité national français de l'Eclairage. — Commission électrotechnique internationale : Réunion de Genève des Comités d'Etudes, p. 873-874.

Edmond Bouty, membre de l'Institut, p. 875.

Section scientifique et technique. — Machine d'extraction électrique avec groupe convertisseur Ward Léonard Ilgner (*suite et fin*), par G. HACAULT, p. 877. — Revues, analyses et informations : La distribution du flux magnétique dans les transformateurs, p. 890.

Section industrielle. — Les progrès récents de l'horlogerie électrique (*suite et fin*), par Marius LAVET, p. 895. — Sur l'électrification des chemins de fer aux Pays-Bas, par L.-G. STOKVIS, p. 906. — Revues, analyses et informations : Les appareils de protection pour turboalternateurs, p. 909 ; Choix d'un système de traction électrique pour les grandes lignes de chemin de fer, p. 910 ; Considérations sur le développement des puissantes unités et des grandes entreprises électriques, p. 912 ; Le tarage des moulinets servant à la mesure du débit des cours d'eau, p. 912 ; L'influence du facteur de puissance sur le prix de l'énergie électrique, p. 913.

Section économique et financière. — Assemblées générales : Compagnie française des Câbles télégraphiques, p. 915 ; Société française Gardy, p. 916.

Section de législation. — Législation, jurisprudence, réglementation : Proposition de loi concernant les conseils de métiers, les chambres de métiers, l'apprentissage, l'enseignement technique, industriel et commercial, p. 917 ; Sur l'application de l'impôt sur les revenus aux sommes provenant d'une cession de droit à un bail, p. 920 ; Sur l'application de la contribution sur les bénéfices de guerre, p. 920 ; Sur l'inscription au registre du commerce, p. 920 ; Sur le payement du droit de timbre sur les actions des sociétés anonymes. p. 920.

AVIS : Renouvellement des abonnements. — *Nous prions instamment ceux de nos lecteurs dont l'abonnement expire fin décembre de bien vouloir nous adresser le montant de leur renouvellement pour 1923 (75 fr pour la France, 90 fr pour l'étranger) avant le 15 décembre prochain, date à partir de laquelle nous en ferons faire le recouvrement par la poste pour Paris et les départements (frais de recouvrement en plus, 2,15 fr).*

Nous rappelons à nos lecteurs qu'ils peuvent déposer le montant de leur abonnement dans n'importe quel bureau de poste à notre compte de chèques postaux : Paris 239-86, en remplissant la formule que nous avons insérée dans notre numéro 19 du 11 novembre 1922. Les frais ne sont alors que de 0,15 fr.

Les lecteurs qui reçoivent la « Revue » par l'intermédiaire des syndicats formant l'Union des Syndicats de l'Electricité n'ont pas de renouvellement d'abonnement à nous faire : il leur suffit d'adresser leur cotisation pour l'année 1923 au siège des syndicats dont ils font partie.

Comité national français de l'Eclairage : Séance du 23 novembre 1922. — Le Comité national français de l'Eclairage s'est réuni, le mercredi 28 novembre, sous la présidence de M. Rouland, vice-président, au siège social de la Société technique du Gaz, 12, rue de Clichy, pour procéder à l'élection de son bureau.

M. Violle et M. A. Blondel, ayant informé le Comité que leur état de santé ne leur permet plus d'assumer les fonctions de président et de vice-président, sont nommés par acclamation présidents d'honneur ; M. Lauriol, délégué de la Société française des Electriciens, se trouvant dans l'impossibilité d'assister régulièrement aux séances du Comité en raison de son éloignement de Paris, est nommé membre honoraire ; il sera remplacé par un nouveau délégué.

Le Comité procède ensuite à l'élection du bureau qui est constitué comme il suit :

Président : M. F. Rouland, ancien vice-président du Comité, administrateur-délégué et vice-président du conseil d'administration de la Société du Gaz de Paris ;

Vice-présidents : M. Daniel Berthelot, membre de l'Institut ; M. Ch. Fabry, professeur à la Sorbonne ; M. Paul Janet, membre de l'Institut, directeur du Laboratoire central d'Electricité et de l'Ecole supérieure d'Electricité ;

Secrétaires : M. J. Blondin, directeur de la « Revue générale de l'Electricité » ; M. Rolland d'Estape, président du Syndicat professionnel de l'Industrie du Gaz.

Trésorier : M. Ellissen, président de la Société technique du Gaz.

M. H. Laurain, membre du comité de direction de la Société du Gaz de Paris, est adjoint au bureau comme ingénieur-conseil.

M. Rouland rappelle les différentes questions scientifiques et techniques qui sont à l'ordre du jour des travaux du Comité national français et des comités

Digitized by Google

nationaux étrangers. Il fait observer que l'étude de ces questions entraînera nécessairement des dépenses assez importantes ; l'une des préoccupations du bureau sera d'assurer au Comité des ressources permettant de couvrir ces dépenses ; le bureau se réserve également le soin d'établir le programme des travaux à effectuer.

Le Comité s'est ensuite occupé de la publication du compte rendu de la dernière session de la Commission internationale de l'Eclairage, ainsi que des rapports et communications qui y ont été présentés.

M. Fabry rappelle que, dans sa séance plénière du 7 juillet 1921, la Commission internationale de l'Eclairage a institué quatre comités internationaux. L'un, présidé par M. Fabry est chargé d'étudier la photométrie hétérochrome ; un autre présidé par M. Blondel, s'occupe des définitions et symboles ; un troisième a pour mission d'étudier l'éclairage dans les usines et les écoles ; un quatrième présidé par M. Sharp, doit s'occuper des prescriptions concernant les phares d'automobiles. M. Fabry indique sommairement le programme des travaux du premier comité ; il est ensuite fait observer que les délégués français aux deux derniers comités n'ont pas encore été désignés et il est décidé qu'on fera appel aux divers groupements représentés au Comité national français pour avoir des propositions en vue de la désignation de délégués à ces deux comités.

M. Fabry signale en outre que la question de l'établissement d'une bibliographie des travaux concernant l'éclairage a déjà été envisagée antérieurement et qu'il serait utile d'arriver à une entente internationale en vue de résoudre pratiquement cette question.

M. Abraham informe le Comité que diverses questions relatives aux étalons de mesures photométriques sont étudiées dans son laboratoire ; cette étude ne peut manquer de donner des résultats importants. Il rappelle aussi que la Société française de Physique, dont le cinquantenaire de la fondation doit être commémoré en 1923, se propose, à cette occasion, de donner une plus grande ampleur à son exposition annuelle de Pâques en organisant une exposition de physique pure et appliquée ; d'accord avec les sociétés françaises de radiotélégraphie, les appareils de radiocommunication y seraient largement représentés. L'éclairage rentre évidemment dans le cadre de cette exposition et il est décidé que le bureau du Comité national français de l'Eclairage se mettra en relations avec le comité d'organisation de cette exposition.

Commission électrotechnique internationale : Réunion de Genève des Comités d'Etudes (1). — Malgré que nous nous soyons imposé la plus grande concision, nous n'avons pu, faute de place, indiquer dans le dernier numéro toutes les questions qui furent examinées par les Comités d'Etudes réunis à Genève du 20 au 26 novembre 1922. Nous devons donc aujourd'hui revenir sur cette réunion pour signaler deux autres questions qui y ont été discutées.

Nomenclature et symboles. — Le Comité de la Nomenclature et des Symboles s'est surtout occupé des symboles graphiques pour la confection des plans d'ensemble et de détail des réseaux, des stations centrales et des installations intérieures. Après examen des propositions faites par les Comités hollandais, suédois et suisse, les symboles fondamentaux proposés à Bruxelles ont été de nouveau adoptés avec quelques modifications très légères ; en outre, un assez grand nombre de symboles dérivés des symboles fondamentaux, proposés par le Comité suisse, ont été préconisés.

La principale modification est relative au symbole à employer pour représenter graphiquement une machine électrique rotative. A la réunion de Bruxelles, on avait adopté une circonférence pour symbole principal de toutes les machines électriques rotatives, sauf pour les machines asynchrones que l'on s'était trouvé amené à symboliser par deux circonférences concentriques. Le Comité suédois proposait de prendre, pour symbole principal de toutes les machines électriques rotatives, la double circonférence. Examen fait de cette proposition, il a été reconnu que, si son adoption complique légèrement le travail du dessinateur, elle offre l'avantage de rendre plus claires les connexions des enroulements. Aussi le Comité a-t-il été d'avis de soumettre cette proposition à la discussion des comités nationaux en mettant en parallèle divers symboles dérivés, les uns dessinés suivant la proposition adoptée à Bruxelles, les autres suivant la proposition du Comité suédois.

A la suite de la discussion des symboles employés dans les plans et schémas des installations de production et de distribution de l'énergie électrique, le Comité international a émis le vœu que, pour la prochaine réunion, les comités nationaux fassent des propositions pour les symboles concernant la traction, la télégraphie et la téléphonie, en demandant, pour les symboles relatifs aux radiocommunications, le concours de l'Union internationale de Radiotélégraphie scientifique..

La question des couleurs à employer dans les dessins pour distinguer les phases d'un réseau et pour indiquer le danger d'électrocution présenté par les divers conducteurs a été également envisagée et renvoyée pour études préliminaires aux comités nationaux.

Enfin, le Comité a émis le vœu que le Comité français, d'une part, le Comité britannique, d'autre part, terminent dans un délai aussi bref que possible la revision de leurs vocabulaires électrotechniques.

Douilles et culots a vis des lampes a incandescence. — Malgré les efforts faits jusqu'ici, l'unification des douilles et culots à vis est loin d'être réalisée. La Commission internationale s'est proposé de hâter cette unification et un comité d'études a été institué dans ce but. Il s'est réuni pour la première fois à Genève et les échanges de vues qui ont eu lieu à cette réunion permettent d'espérer que, malgré les difficultés nombreuses que présente la question, une solution pourra être trouvée.

Ce résultat est dû pour beaucoup au délégué français, M. Zetter, qui, après avoir mis au point dès 1909, l'unification des culots et douilles de lampes à baïonnette (*La Revue électrique*, 30 décembre 1909, t. XII, p. 443-449), s'est ensuite attaqué à l'unification des culots et douilles de lampes à vis.

(1) Le président du Comité électrotechnique français nous adresse, à propos du compte rendu paru dans le dernier numéro, la lettre suivante :

« Mon cher collègue,

» Dans le compte rendu sommaire que vous avez bien voulu rédiger de la réunion des Comités d'Etudes de la Commission électrotechnique internationale, et qui a paru dans le n° 22 du 2 décembre, l'Allemagne semble avoir envoyé 5 délégués au même titre que les autres nations représentées.

» Il serait indispensable, à mon sens, de faire connaître le plus tôt possible à vos lecteurs que cette interprétation serait inexacte et que les cinq personnalités allemandes qui ont pris part aux discussions étaient simplement des invités personnels du Comité suisse. »

Veuillez agréer...

Digitized by Google

Edmond Bouty

Membre de l'Institut.

Un nouveau deuil vient de frapper la Science française en la personne du physicien Edmond Bouty, professeur à la Sorbonne, dont les travaux en électricité sont bien connus. Bouty est décédé brusquement le 5 novembre dernier, à l'âge de soixante-dix-sept ans; trois jours avant, il assistait encore à une séance de l'Académie et ses travaux étaient poursuivis jusqu'à ses derniers jours.

Sorti de l'Ecole normale supérieure en 1869, il débuta dans l'enseignement secondaire et fut attaché comme maître de conférences à cette même école. C'est là qu'il commença les recherches qui devaient bientôt le faire remarquer dans le monde électrique. Docteur ès sciences en 1875, il fut appelé comme maître de conférences de physique à la Sorbonne quelques années après, en 1883. Un peu plus tard, la chaire de physique expérimentale devenant vacante par suite de la mort de Desains, il était nommé en remplacement de celui-ci.

L'œuvre de Bouty est presque entièrement du domaine de l'électricité et certaines méthodes de mesures qu'il a fait connaître sont maintenant devenues classiques.

Ses premières recherches remontent à 1873; elles eurent pour objet la distribution du magnétisme dans les aimants et les variations qu'elle subit suivant les actions électriques ou mécaniques auxquels les aimants peuvent être soumis. Il fit usage, pour cette étude, des moments magnétiques après avoir indiqué une méthode très simple pour déterminer cette grandeur dans les très petites aiguilles aimantées.

Il entreprit ensuite, de 1879 à 1881, l'étude des actions thermoélectriques et des actions électrothermiques qui prennent naissance au contact d'un métal et d'un liquide. Il utilisait pour cela un nouvel appareil, le *thermomètre-électrode*. Il établit ainsi, par des mesures absolues, l'existence d'un phénomène, du même genre que celui de Peltier, à la surface de contact d'un solide et d'un liquide. Il montra également l'analogie de ce phénomène avec la contraction des dépôts galvaniques qui, jusqu'alors, était considérée comme un phénomène isolé.

Edmond Bouty,
1845-1922

Mais ce sont surtout les travaux sur la conductibilité des électrolytes que nous devons signaler ici, car ils constituent l'œuvre principale de ce physicien.

Ce sujet fut abordé dès 1883 et poursuivi sans arrêt jusqu'en 1889. Les phénomènes de l'électrolyse n'avaient été étudiés, avant lui, qu'au voisinage des électrodes. Bouty poussa plus loin les recherches et chercha à connaître l'électrolyse au sein même de la masse liquide qui transmet le courant. Ce point de vue nouveau devait être très fécond.

C'est ainsi qu'il vérifia expérimentalement l'existence d'une loi moléculaire analogue à la loi de Faraday et relative aux solutions étendues. Il tira de cette loi des règles pratiques permettant d'appliquer la mesure électrométrique des conductibilités électriques à l'étude des équilibres chimiques.

Il avait déjà étudié, en 1882, la polarisation des électrodes, montrant que tout liquide n'a qu'une seule manière de conduire l'électricité, que l'on considère la période de polarisation, ou celle d'électrolyse visible. Il reprit le même sujet plus tard, et établit que le phénomène de la polarisation est toujours accompagné d'altérations chimiques et, par suite, d'électrolyse. En montrant que cela se produisait aussi bien pour le mercure et le platine que pour les autres métaux, il aboutit aux mêmes résultats que M. Berthelot qui, lui, avait traité le même problème d'une autre manière, déduisant ses conclusions d'observations chimiques et calorimétriques.

Les derniers travaux que nous venons de signaler avaient été précédés d'une série d'études sur les diélectriques du plus haut intérêt.

Bouty donna, en effet, de nouvelles preuves de la coexistence, dans un même corps, du pouvoir diélectrique et de la conductibilité. Afin d'éclairer ce point très confus et controversé, il reprit l'étude des diélectriques en s'astreignant à ne faire usage que

Digitized by Google

de méthodes d'une extrême simplicité théorique.

En premier lieu, il chercha à expliquer les décharges résiduelles autrement que par la simple pénétration des charges et signala l'analogie étroite de ce phénomène avec celui qui accompagne la déformation d'un solide élastique ainsi qu'avec le magnétisme rémanent. Ces considérations furent suivies d'une étude importante sur les propriétés du mica, dont il détermina la constante diélectrique dans des conditions de précision tout à fait rigoureuses.

En dehors de ces recherches tout à fait personnelles, nous devons citer également des mesures de conductibilité des sels fondus faites en collaboration avec L. Poincaré, ainsi qu'une étude sur la conductivité des métaux purs aux très basses températures, faite en commun avec L. Cailletet.

En 1889, Bouty commença une nouvelle série de travaux dans un domaine un peu différent : le passage brusque de l'électricité à travers les gaz, qui comprend les phénomènes si importants de l'effluve et de la décharge. Ce sujet touche à la constitution même de la molécule et de l'atome. On sait le nombre considérable de recherches qui ont été faites jusqu'à maintenant sur ces questions et comment celles-ci ont rapidement orienté les idées des savants dans une voie toute nouvelle et ont permis de pénétrer assez profondément dans la question de la constitution de la matière.

Nous devons, enfin, signaler quelques travaux qui s'écartent un peu du domaine de l'électricité ; ce sont, en 1895, une étude sur les flammes sensibles dans laquelle il a révélé des faits curieux sur le mécanisme de cette sensibilité et a tâché d'en donner une explication ; de nombreux travaux de moindre importance, effectués à diverses époques, et se rapportant soit à la thermodynamique, soit à d'autres branches de la physique.

L'œuvre de Bouty ne se borne pas à ces travaux de laboratoire ; encore qu'ils soient nombreux et poussés fort loin, avec le souci d'exactitude et de parfaite mise au point qui caractérise le savant, ils ne parvenaient pas à absorber toute l'activité du physicien.

Dès la fondation du « Journal de Physique », il fit partie du Conseil de ce journal avec Cornu, Mascart, Potier et contribua largement à la rédaction de ce périodique, au point que les articles et analyses qu'il y publia formeraient aujourd'hui plusieurs volumes. A la mort de d'Almeida, il en devint le directeur, continuant, dans le même esprit, l'œuvre du fondateur. Il collabora également aux « Annales de Physique », dont il conserva la direction jusqu'à sa mort.

Il a laissé, d'autre part, des ouvrages d'enseignement et de critique parmi lesquels il faut citer tout spécialement le « Cours de Physique à l'École polytechnique » dont il fit plusieurs éditions successives, les dernières étant, à bien des égards, un livre nouveau par rapport au traité primitif qui avait été fait en collaboration avec Jamin.

Dans tous ces travaux, son but principal fut d'être utile, et de réaliser cette union entre le laboratoire et l'usine qui lui paraissait indispensable et qu'il aurait voulu encore plus grande qu'elle n'est. C'est cette idée qu'il développa dans les termes suivants lorsque, en 1905, il fut appelé à la présidence de la Société française des Electriciens.

« Il eût peut-être été nécessaire, il y a trente ans, il est aujourd'hui presque superflu d'y insister, d'affirmer une fois de plus que la théorie et les applications se tiennent, qu'elles se pénètrent et se vivifient réciproquement...

« Que d'efforts divers et de talents d'espèce pour ainsi dire contraire ne trouve-t-on pas associés à l'origine de chaque progrès dans la science pure et appliquée! Sans les travaux très mathématiques de Maxwell, inspirés eux-mêmes par les vues du moins mathématicien des hommes de génie, de Faraday, auquel il faut toujours revenir, jamais le mathématicien Hertz n'aurait imaginé les expériences qui nous ont donné les ondes électriques. Sans le secours de ce qui avait paru à l'origine n'être qu'une curiosité de laboratoire, du cohéreur de M. Branly, la télégraphie sans fil eût peut-être été retardée de quinze ans; enfin, sans les leçons et les conseils du savant et modeste professeur Righi, Marconi n'eût, peut-être, pu tenter ses retentissantes expériences de transmission par ondes électriques à travers les continents et les mers.

» De nos jours, non seulement l'industriel, mais le marin, le soldat lui-même se reconnaissent tributaires de la physique. Ce n'est plus seulement la mise en valeur des richesses que la nature nous offre sous la forme de houille blanche ou grise, mais aussi leur conquête brutale qui vont peut-être dépendre de l'application plus ou moins ingénieuse, plus ou moins rapide, de quelque petit phénomène bien enveloppé, qui nous sollicite sans doute fréquemment en venant gêner nos mesures, mais que nous ne sommes pas assez habiles pour démêler au sein des assemblages confus que nous avons pour mission de débrouiller. »

En quittant, un an après, ce même fauteuil présidentiel, il revenait encore sur ce sujet, heureux d'avoir pu ainsi prendre un peu plus contact avec les applications industrielles.

Un tel labeur devait lui attirer de nombreuses distinctions scientifiques. La Société française de Physique lui avait offert, comme la Société française des Electriciens, la présidence de ses séances ; l'Académie l'avait accepté pour l'un de ses membres dans la section de physique.

Mais son rôle de savant ne lui fit pas oublier celui de professeur. Depuis son arrivée à la Sorbonne, il avait su grouper autour de lui une élite de jeunes travailleurs qu'il animait de son ardeur pour les recherches, qu'il encourageait et que, plus tard, il guidait dans leur carrière. Aussi laisse-t-il le souvenir d'un maître consciencieux, dévoué, très attaché à ses élèves, en même temps que celui d'un infatigable travailleur.

B. E.

Digitized by Google

SECTION SCIENTIFIQUE & TECHNIQUE

Machine d'extraction électrique avec groupe convertisseur Ward Léonard Ilgner *(Suite et fin)* (1)

Recherche des relations entre la vitesse angulaire du groupe et le temps, le long d'un diagramme Energie dissipée dans la résistance liquide de glissement.

B. Le couple fourni par le moteur a atteint la valeur C_r; le régulateur de glissement entre en action. — 1) Supposons, d'abord, que la puissance à fournir à la dynamo de démarrage croisse, avec le temps, suivant la loi (fig. 3),

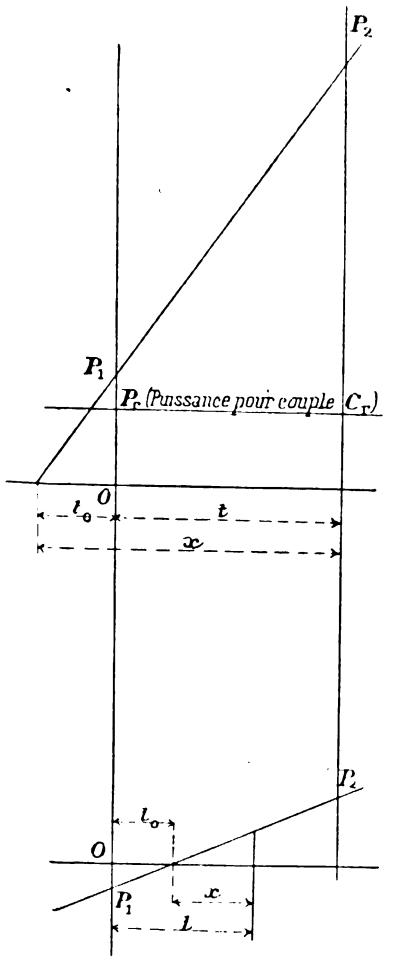


Fig. 3.

$$P = P_1 + \frac{P_2 - P_1}{t_1}\, t.$$

Le couple C_r restant constant, l'équation différentielle du mouvement sera,

$$C_r\omega - I\omega \frac{d\omega}{dt} = P_1 + \frac{P_2 - P_1}{t_1}\, t.$$

Posons

$$P_1 + \frac{P_2 - P_1}{t_1}\, t = \frac{P_2 - P_1}{t_1}\, x,$$

ou

$$x = \frac{P_1}{P_2 - P_1}\, t_1 + t = t_0 + t,$$

l'équation deviendra

$$\frac{d\omega}{dx} = a - b\frac{x}{\omega}, \qquad (12)$$

en posant

$$\frac{C_r}{I} = a,$$

et

$$101{,}9 \times \frac{P_2 - P_1}{I t_1} = b.$$

2) Supposons maintenant que, durant la période considérée, la puissance décroisse avec le temps, suivant la loi (fig. 4)

$$P = P_1 - \frac{P_1 - P_2}{t_1}\, t.$$

Avec les mêmes notations que ci-dessus et en posant

$$x = \frac{P_1}{P_1 - P_2}\, t_1 - t = t'_0 - t,$$

(1) *Revue générale de l'Electricité*, 2 décembre 1922, t. XII, p. 835-841.

Digitized by Google

l'équation différentielle du mouvement sera

$$\frac{d\omega}{dx} = \frac{C_r}{I} + \frac{P_1 - P_2}{I t_1}\frac{x}{\omega}$$

ou

$$\frac{d\omega}{dx} = -a + b\frac{x}{\omega}. \qquad (13)$$

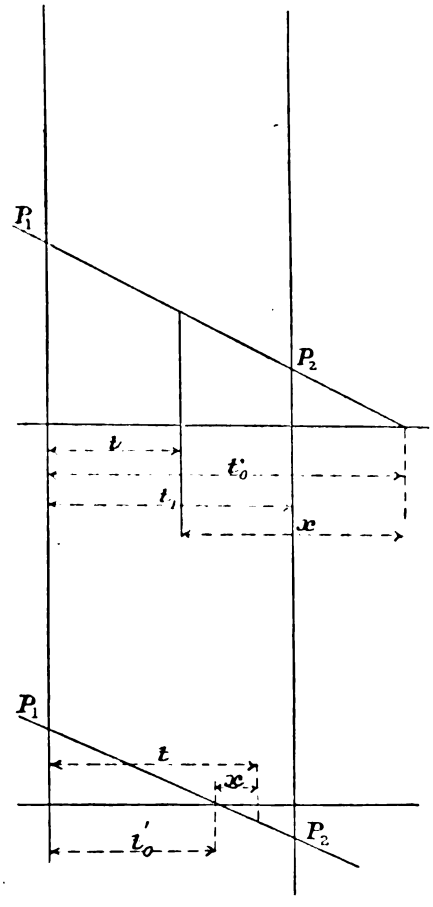


Fig. 4.

Etudions séparément ces deux cas :

1. *Période de puissance croissante* (équation 12).

Si l'on pose $\frac{x}{\omega} = \frac{1}{z}$, l'équation (12) devient

$$\frac{dx}{x} = -\frac{z\,dz}{z^2 - az + b} = -\frac{u\,du}{u^2 + k^2} - \frac{a}{2}\frac{du}{u^2 + k^2},$$

dans laquelle

$$z - \frac{a}{2} = u,$$

et

$$b - \frac{a^2}{4} = k^2;$$

on a, après intégration,

$$\log_e (k_1 x)^2 = -\log_e (1 + v^2) - \frac{a}{k}\operatorname{arc\,tg} v,$$

où k_1 est une constante et où $v = \frac{u}{k}$; et, enfin, si on pose $v = \operatorname{tg}\alpha$

$$\log_e (k_1 x)^2 = \log_e \cos^2\alpha - \frac{a}{k}\alpha, \qquad (14)$$

ou, en logarithmes vulgaires,

$$\frac{a}{2{,}302\,k}\alpha - \log\cos^2\alpha = -\log (k_1 x)^2.$$

Telle est l'équation qui relie $x = t_0 + t$ à $\frac{\omega}{x}$ fonction de α et de cos α,

On peut aussi l'écrire en remontant aux nombres

$$x^2 = \frac{1}{k_1^2}\frac{\cos^2\alpha}{e^{\frac{a}{k}\alpha}}. \qquad (14')$$

Pour résoudre l'équation (14), étant donnée une valeur x_n de x, on opérera graphiquement.

Nous tracerons (fig. 5) la courbe — log cos² α pour α variant de 0 à $\frac{\pi}{2}$.

On portera sur l'axe des ordonnées la longueur OP réprésentant — log $(k_1^2 x^2_n)$; du point P on tracera une droite PQ faisant avec l'horizontale un angle dont la tangente est

$$\frac{a}{k.2{,}302}.$$

Le point de rencontre de cette droite PQ avec la courbe — log cos² α donnera la valeur de α_n correspondante.

On aura ensuite

$$\omega = (t_0 + t_n)\left(\frac{a}{2} + k\operatorname{tg}\alpha_n\right). \qquad (15)$$

La constante k_1 sera déterminée par la valeur de ω au départ, soit ω_1; on aura :

$$\frac{1}{k}\left(\frac{\omega_1}{t_0} - \frac{a}{2}\right) = \operatorname{tg}\alpha_1,$$

d'où l'on tire α_1, et, d'après (14')

$$k_1 = \frac{1}{t_0}\frac{\cos\alpha_1}{e^{\frac{a}{2k}\alpha_1}}.$$

Remarque. — Si P_1 est négatif, t_0 sera négatif et la puissance du diagramme passera par 0 pour $t = t_0$, c'est-à-dire $x = 0$ (voir fig. 3).

Digitized by Google

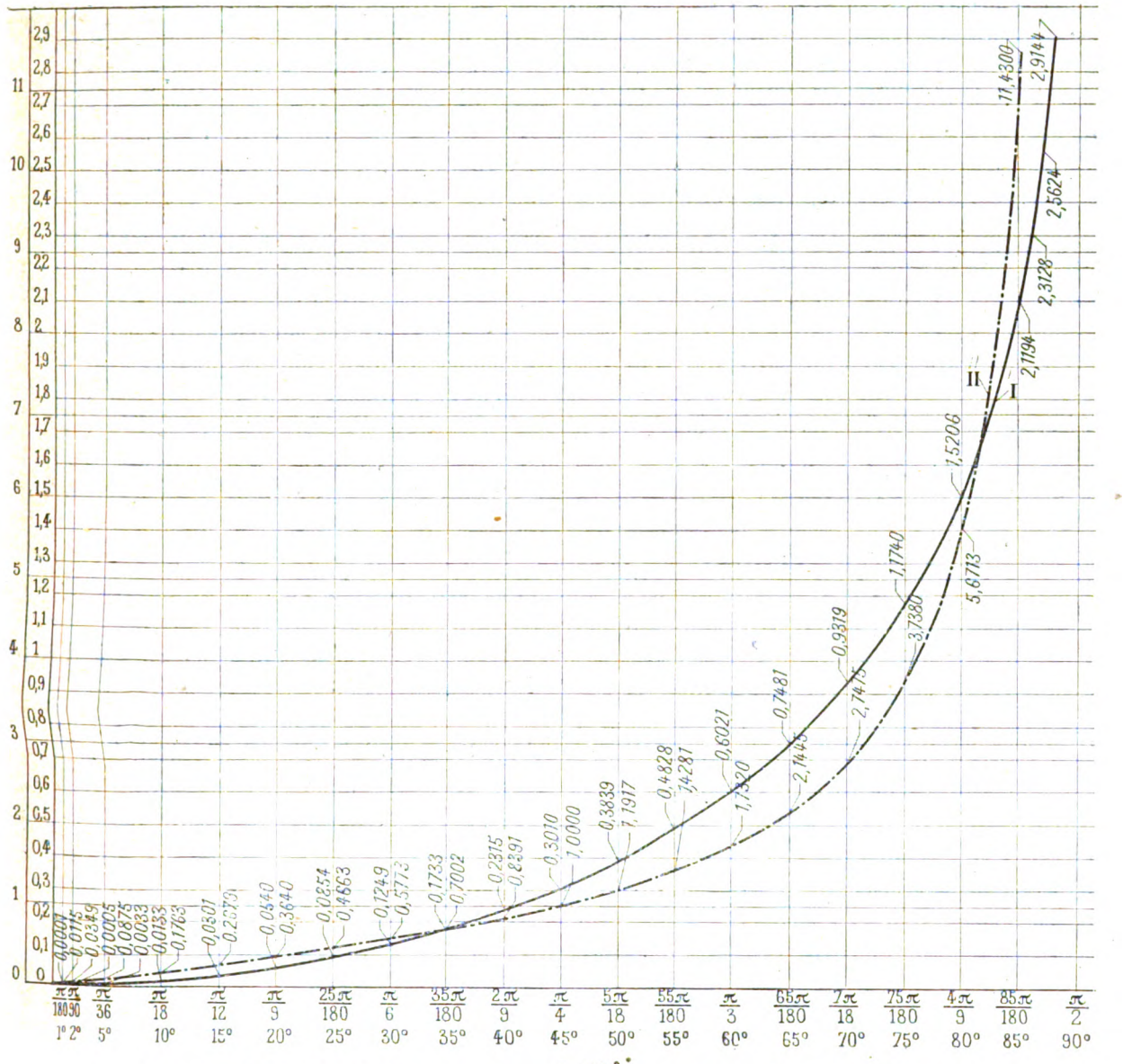


Fig. 5. — Résolution de l'équation : $x^2 = \frac{1}{k_1^2} \frac{\cos^2 \alpha}{e^{\frac{a}{k}\alpha}}$ ou, en expression logarithmique,

$$\frac{a}{k.2{,}302}\alpha - \log.\cos^2\alpha = -\log (k_1 x)^2$$

Courbe I ($-\log\cos^2\alpha$), — Courbe II ($\operatorname{tg}\alpha$),

Pour cette valeur particulière de t, on a $\cos\alpha = 0$ d'après (14), c'est-à-dire $\alpha = -\frac{\pi}{2}$, α étant négatif à cause du signe de t_0,

$$\omega = x\left(\frac{a}{2} + k\operatorname{tg}\alpha\right) = x.\frac{a}{2} + \frac{k}{k_1}\frac{\sin\alpha}{e^{\frac{a}{2k}\alpha}},$$

$$\omega = \frac{k}{k_1} e^{\frac{a}{2k}\frac{\pi}{2}}. \qquad (16)$$

Coefficient angulaire de la tangente. — Il est égal à

$$\frac{d\omega}{dt} = a - b\left(\frac{t + t_0}{\omega}\right). \qquad (17)$$

Les maximum ou minimum de ω auront lieu quand

$$\frac{x}{\omega} = \frac{a}{b} = \frac{C_r}{101{,}9\,(P_2 - P_1)}\,t_1.$$

On doit résoudre également le problème inverse :

Digitized by Google

Etant donné une valeur de ω, soit ω_r, trouver la valeur de t correspondante.

On éliminera $(t_0 + t)$ ou x entre les deux équations (14) et (15) pour trouver la valeur de la variable auxiliaire.

On aura

$$\left(\operatorname{tg}\alpha_r + \frac{a}{2k}\right)^2 = \frac{\omega_r^2}{k^2 r^2} = \left(\frac{\omega_r k_1}{k}\right)^2 \frac{e^{\frac{a}{k}\alpha_r}}{\cos^2\alpha_r}$$

ou, si l'on pose

$$\frac{a}{2k} = \operatorname{cotg}\beta,$$

et

$$\left(\frac{\omega_r k_1}{k}\right)^2 = B,$$

$$\cos^2(\alpha_r - \beta) = B \sin^2\beta\, e^{\frac{a}{k}\alpha_r}$$

ou, en posant encore

$$\alpha_r - \beta = \delta,$$

et

$$B_1 = B \sin^2\beta e^{\frac{a}{k}\beta},$$

$$\cos^2\delta = B_1 e^{\frac{a}{k}\delta}$$

ou, en expression logarithmique,

$$\frac{a}{k\,2{,}301}\delta - \log\cos^2\delta = -(\log B_1). \qquad (18)$$

On tirera δ de l'équation (18) en utilisant la même courbe que ci-dessus.

De δ, il sera facile de remonter à α_r, puis à x qui sera donné par

$$x_r = \frac{\omega_r}{\frac{a}{2} + k\operatorname{tg}\alpha_r}.$$

Energie E_m fournie par le moteur pendant la période considérée. —

$$E_m = \int_0^{t_1} p\,dt = C_r \int_0^{t_1} \omega\,dt = C_r \int_0^{t_1} \left(\frac{a}{2} + k\operatorname{tg}\alpha\right) x\,dx.$$

On aura à faire deux opérations sous le signe $\int$.

On aura

$$E_m = E_{m1} + E_{m2},$$

$$E_{m1} = C_r \cdot \frac{a}{2} \cdot \frac{x^2}{2}$$

et

$$E_{m2} = C_r k \int^{t_1} \operatorname{tg}\alpha . x . dx.$$

Exprimons $x\,dx$ en fonction de la variable α d'après l'équation (14').

On tire, en posant $\frac{a}{2k} = m$,

$$x\,dx = -\frac{1}{k_1}\frac{\cos\alpha}{e^{m\alpha}} \cdot \frac{e^{-m\alpha}}{k_1}(\sin\alpha + m\cos\alpha)\,d\alpha.$$

et

$$\int_0^{t_1} \operatorname{tg}\alpha\, x\,dx = -\frac{1}{2k_1^2}\int e^{-2m\alpha}(1 - \cos 2\alpha + m\sin 2\alpha)\,d\alpha$$

Cette dernière intégrale se décomposera en trois intégrales qui sont :

$$\text{la 1re} : -\int e^{-2m\alpha}\,d\alpha = -\frac{1}{2m}e^{-2m\alpha} + C^{te},$$

$$\text{la 2e} : +\int e^{-2m\alpha}\cos 2\alpha\,d\alpha = +\frac{\sin 2\alpha - m\cos 2\alpha}{1+m^2}e^{-2m\alpha} + C^{te}$$

et la troisième :

$$-\int e^{-2m\alpha} m\sin 2\alpha\,d\alpha = \frac{m^2\sin 2\alpha + m\cos 2\alpha}{1+m^2}e^{-2m\alpha} + C^{te}.$$

Il reste finalement pour E_{m2}

$$E_{m2} = C_r \frac{k}{4k_1^2} e^{-2m\alpha}\left(\frac{1}{m} + \sin 2\alpha\right) + C^{te},$$

d'où pour l'expression de l'énergie totale

$$E_m = C_r\left[\frac{a}{4}x^2\right]_{t_0}^{t_1+t_0} + \frac{C_r k}{4k_1^2}\left[e^{-\frac{a}{k}\alpha}\left(\frac{2k}{a} + \sin 2\alpha\right)\right]_{\alpha=\alpha_1}^{\alpha=\alpha_2}. \qquad (19)$$

Remarque. — On remarquera que $\frac{E_m}{C_r t_1}$ = vitesse angulaire moyenne pendant la période considérée.

2. *Période de puissance décroissante (équation 13).* — Cette équation différentielle est

$$\frac{d\omega}{dx} = -a + b\frac{x}{\omega}.$$

En posant $\frac{x}{\omega} = \frac{1}{z}$, l'équation devient

$$\frac{dx}{x} = -\frac{z\,dz}{z^2 + az - b} = -\frac{u\,du}{u^2 - k^2} + \frac{a}{2}\frac{du}{u^2 - k^2}$$

avec

$$z + \frac{a}{2} = u \qquad b + \frac{a^2}{4} = k^2,$$

Digitized by Google

et, après intégration, en posant $\frac{u}{k} = v$,

$$\log_e (k_1 x)^2 = -\log_e (v^2 - 1) + \frac{a}{2k} \log_e \frac{v-1}{v+1}. \quad (20)$$

On peut aussi l'écrire, en remontant aux nombres,

$$x^2 = \frac{1}{k_1^2 (v^2 - 1)} \left(\frac{v-1}{v+1}\right)^{\frac{a}{2k}}. \quad (20')$$

Pour résoudre l'équation (20), c'est-à-dire trouver la valeur de v et, par suite, de $\frac{\omega}{x}$ pour une valeur donnée de x, nous procéderons comme suit, de façon à pouvoir résoudre le problème graphiquement, en traçant une courbe devant servir pour quelque cas que ce soit.

A cet effet, nous écrirons

$$\log_e \frac{v-1}{v+1} = y.$$

Il vient alors,

$$v = \frac{1 + e^y}{1 - e^y},$$

$$v^2 - 1 = \frac{4 e^y}{(1 - e_y)^2}$$

et

$$\log_e (v^2 - 1) = y + \log_e 4 - \log_e (1 - e^y)^2.$$

L'équation (20) deviendra ainsi

$$y \left(1 - \frac{a}{2k}\right) - \log_e (1 - e^y)^2 = -\log_e 4 - \log_e (k_1 x)^2,$$

ou, en logarithmes vulgaires,

$$\frac{1}{2{,}3023} \cdot \left(1 - \frac{a}{2k}\right) y - \log (1 - e^y)^2 = B - \log x_n^2, \quad (21)$$

en posant $B = -\log 4 k_1^2$.

Nous tracerons, en fonction de y variant de $-\infty$ à $+\infty$, la courbe $-\log (1 - e^y)^2$ et accessoirement la courbe

$$v = \frac{1 + e^y}{1 - e^y}$$

(voir le graphique de la figure 6).

Nous porterons sur l'axe des ordonnées la longueur $OP = B - \log x_n^2$ et par le point P, nous mènerons une droite faisant, avec l'horizontale, un angle dont la tangente soit égale à

$$\frac{1}{2{,}3023} \left(1 - \frac{a}{2k}\right).$$

Le point de rencontre de cette droite avec la courbe $-\log (1 - e^y)^2$ donnera la valeur y_n cherchée et immédiatement la valeur v_n.

On aura ensuite

$$\omega = (t'_0 - t) \left(k v_n - \frac{a}{2}\right). \quad (22)$$

Remarque. — Quand t est égal à t'_0 (fig. 4), la puissance du diagramme passe par o, et pour cette valeur de t, $x = 0$, c'est-à-dire $y = 0$ et successivement $e^y = 1$ et $v = \infty$; la valeur de ω est indéterminée ($0 \times \infty$) ; mais si, dans l'équation (20'), on remarque que, pour $x = 0$

$$\left(\frac{v-1}{v+1}\right)^{\frac{a}{2k}} \text{ est égal à } 1,$$

on a

$$(k_1 x)^2 = \frac{1}{v^2 - 1};$$

par suite

$$\omega = k \left(1 - \frac{a}{2kv}\right) \frac{v}{k_1 v \sqrt{1 - \frac{1}{v^2}}} \quad (23)$$

$= \frac{k}{k_1}$, à la limite, pour $x = 0$.

Coefficient angulaire de la tangente. Nous avons

$$\frac{d\omega}{dt} = a - b \cdot \frac{t'_0 - t}{\omega}. \quad (24)$$

Les maximum ou minimum de ω auront lieu quand

$$\frac{t'_0 - t}{\omega} = \frac{a}{b} = \frac{C_r}{101{,}9 (P_1 - P_2)} t_1.$$

Comme dans le cas de puissance croissante, on peut avoir à résoudre le problème inverse du précédent. Etant donné une valeur de $\omega = \omega_r$, trouver la valeur de t correspondante.

On éliminera $(t_0 - t)$ (ou x) entre les équations (20') et (22) pour trouver, d'abord, la valeur de la variable auxiliaire v.

D'après (20'), nous aurons, en posant $\frac{a}{2k} = m$,

$$(k_1 x)^2 = \left(\frac{v-1}{v+1}\right)^m \frac{1}{v^2 - 1} = \frac{e^{my} (1 - e^y)^2}{4 e^y}.$$

D'après (22)

$$\left(\frac{\omega_r}{x}\right)^2 = \left(v - \frac{a}{2}\right)^2 = k^2 \left(\frac{1 + e^y}{1 - e^y} - m\right)^2$$

ou

$$\frac{4 k_1^2 \omega_r^2}{k^2} = e^{y(m-1)} [(1 + e^y) - m (1 - e^y)]^2$$

$$= e^{y(m-1)} [e^y (1 + m) + 1 - m]^2$$

Digitized by Google

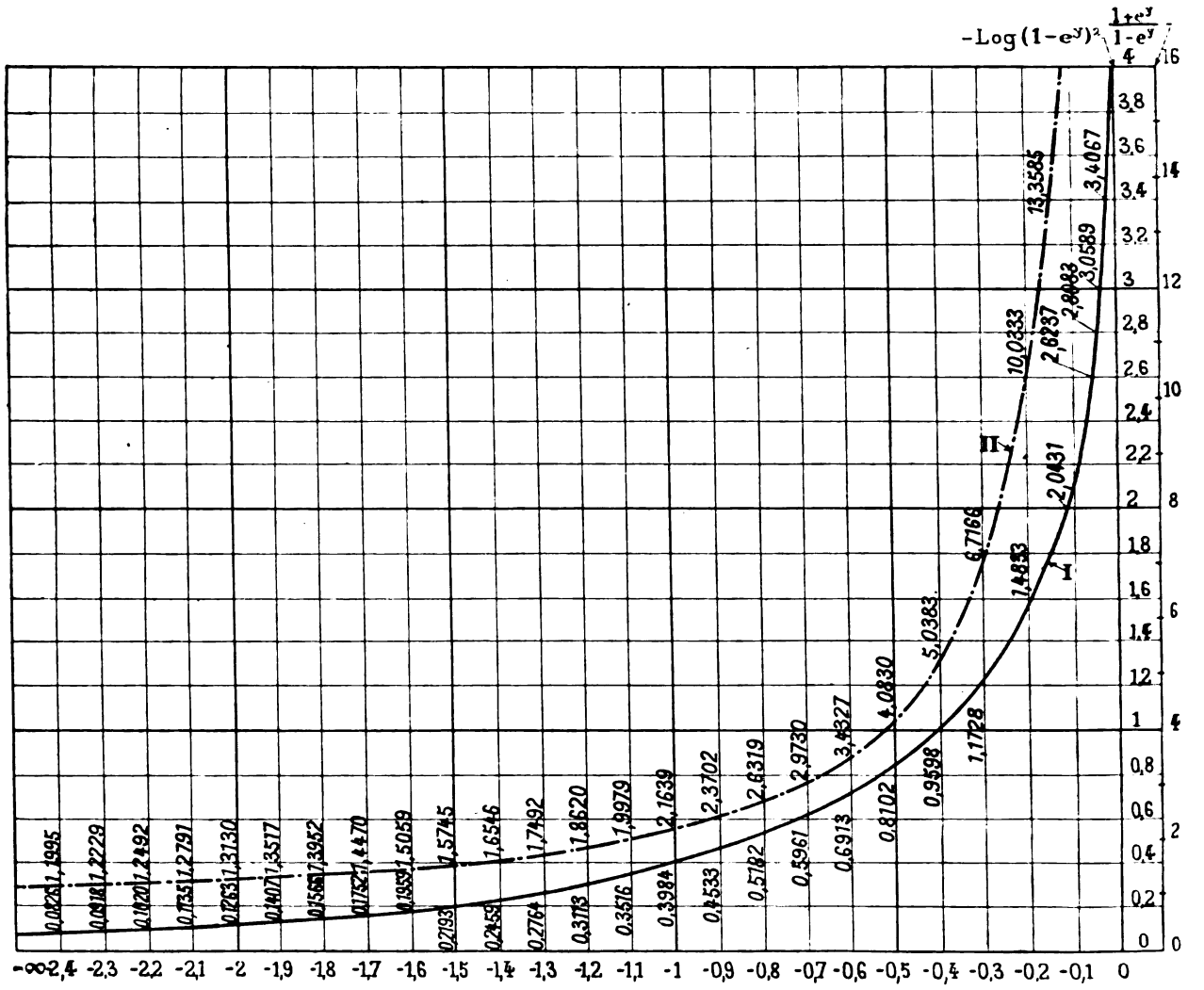


Fig. 6. — Résolution de l'équation : $x^2 = \frac{1}{k_1^2 (v^2 - 1)} \left(\frac{v-1}{v+1}\right)^{\frac{a}{2k}}$ ou, en expression logarithmique.

$$\frac{1}{2{,}3023}\left(1 - \frac{a}{2k}\right) y - \log (1 - e^y)^2 = -\log 4k_1^2 - \log x^2 \text{ avec } v = \frac{1+e^y}{1-e^y}.$$

Courbe I ($-\log (1 - e^y)^2$). — Courbe II $\left(\frac{1+e^y}{1-e^y}\right)$.

Posons

$$\frac{4k_1^2\omega_r^2}{k^2} = B$$

et prenons les logarithmes, il vient

$$y(m-1) + \log_e\left(e^y \cdot \frac{1+m}{1-m} + 1\right)^2 + 2\log_e(1-m) = \log_e B.$$

Pour résoudre le problème graphiquement et pouvoir tracer une courbe définitive une fois pour toutes, posons

$$e^y \frac{1+m}{1-m} = e^\lambda,$$

On peut alors écrire

$$y = \lambda - \log_e(1+m) + \log_e(1-m)$$

et, en logarithmes vulgaires,

$$\frac{(1-m)}{2{,}3023}\lambda - \log(1+e^\lambda)^2 = -\log B + (1-m)\log(1+m) + (1+m)\log(1-m). \quad (25)$$

Nous tracerons la courbe $\log (1 + e^\lambda)^2$ (fig. 7) en fonction de λ ; le second membre de l'équation (25) étant connu, nous procéderons, pour trouver λ, comme nous l'avons indiqué ci-dessus.

Digitized by Google

Nous aurons immédiatement e^y

$$e^y = e^\lambda \frac{1 - m}{1 + m};$$

puis

$$v_r = \frac{1 + e^y}{1 - e^y}$$

et

$$t'_0 - t = \frac{\omega_r}{k v_r - \frac{a}{2}}.$$

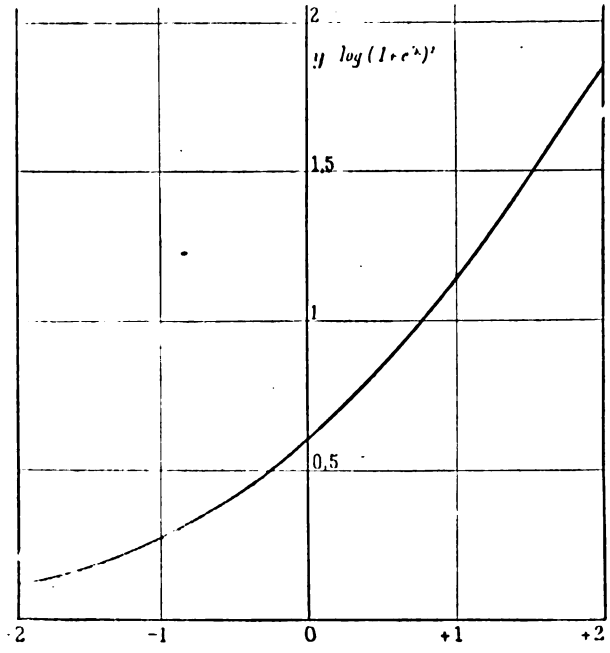


Fig. 7. — Résolution de l'équation :

$$A\lambda + B = \log (1 + e^{\lambda^2}).$$

Courbe de la fonction $y = \log (1 + e^\lambda)^2$.
Échelles : ordonnées, 100 mm par unité; abscisses, 50 mm par unité.

pour $\lambda = -2$	$y = 0{,}1101443$	pour $\lambda = +0{,}2$	$y = 0{,}6932536$
$-1{,}8$	$0{,}1329500$	$+0{,}4$	$0{,}7930612$
$-1{,}6$	$0{,}1597366$	$+0{,}6$	$0{,}9011448$
$-1{,}4$	$0{,}1912452$	$+0{,}8$	$1{,}0172210$
$-1{,}2$	$0{,}2286822$	$+1$	$1{,}1406188$
-1	$0{,}2721722$	$+1{,}2$	$1{,}2710078$
$-0{,}8$	$0{,}3224364$	$+1{,}4$	$1{,}4074958$
$-0{,}6$	$0{,}3798224$	$+1{,}6$	$1{,}5405010$
$-0{,}4$	$0{,}4436928$	$+1{,}8$	$1{,}6963536$
$-0{,}2$	$0{,}5191878$	$+2$	$1{,}8474514$
0	$0{,}6020600$		

Energie E_m fournie par le moteur pendant la période considérée

$$E_m = \int_0^{t_1} p\,dt = C_r \int_0^{t_1} \omega\,dt = -C_r \int_0^{t_1} \left(k v_r - \frac{a}{2}\right) x\,dx,$$

Pour calculer E_m, nous écrirons

$$E_m = E_{m1} + E_{m2},$$

formule dans laquelle

$$E_{m1} = C_r \cdot \frac{a}{2} \cdot \frac{x^2}{2}$$

et

$$E_{m2} = -C_r \int u x\,dx.$$

Exprimons u, x et dx en fonction de la variable unique auxiliaire y

$$u = k \frac{1 + e^y}{1 - e^y}$$

$$x\,dx = \frac{1}{k_1} e^{y\frac{m}{2}} \frac{1 - e^y}{2e^{\frac{y}{2}}} \cdot dy \cdot \frac{4k_1}{1} \frac{e^{y\frac{m}{2}}}{e^{\frac{y}{2}}} [m(1 - e^y) - (1 + e^y)].$$

On trouve finalement, tous calculs faits,

$$ux\,dx = -\frac{k}{8k_1^2} [(1-m)e^{y(m-1)} + (1+m)e^{y(m+1)} + 2e^{my}]\,dy.$$

On a donc

$$-\int ux\,dx = \frac{k}{8k_1^2}\left[-\left(\frac{v-1}{v+1}\right)^{m-1} + \left(\frac{v-1}{v+1}\right)^{m+1} + \left(\frac{v-1}{v+1}\right)^m \frac{2}{m}\right],$$

et enfin

$$E_{m2} = \frac{C_r k}{2k_1^2} \left(\frac{v-1}{v+1}\right)^{\frac{a}{2k}} \left(\frac{k}{a} - \frac{v}{v^2-1}\right);$$

d'où, pour l'expression complète,

$$E_m = C_r\left[\frac{a}{4}x^2\right]_{t_0}^{t_0+t_1} + \left[\frac{C_r k}{4k_1^2}\left(\frac{v-1}{v+1}\right)^{\frac{a}{2k}}\left(\frac{2k}{a} - \frac{2v}{v^2-1}\right)\right]_{v=v_1}^{v=v_2}. \quad (26)$$

On remarquera l'analogie de l'équation (26) avec l'équation (19).

Remarque. — Une autre méthode de détermination de l'énergie, plus rapide, ou tout au moins comportant des calculs plus faciles, consiste à évaluer, pour une période déterminée, définie par les deux vitesses angulaires extrêmes ω_1 et ω_2, la surface du diagramme et à retrancher de cette surface, représentant des kilogrammètres, le produit

$$I\frac{\omega_1^2 - \omega_2^2}{2}.$$

La différence donne l'énergie fournie par le moteur, soit E_m, et le rapport $\frac{E_m}{C_r \times t_1}$ est égal à la vitesse angulaire moyenne pendant la période considérée.

Cette vitesse moyenne ω_{moy} sera bien rarement égale à

$$\frac{\omega_1 + \omega_2}{2};$$

l'erreur commise dans la méthode habituelle où le PD^2 du volant, ainsi que l'importance du rhéostat liquide, est déterminé en considérant la variation de la vitesse angulaire comme linéaire, provient de la différence qui existe entre ω_m vrai et

$$\frac{\omega_1 + \omega_2}{2}.$$

Digitized by Google

Application. — Nous allons appliquer les formules qui précèdent (première hypothèse) à un cas concret.

Soit le diagramme représenté par la figure 8, qui est celui d'une machine d'extraction à tambour bicylindro-conique (cas le plus complexe).

Nous admettons que les courbes constitutives du diagramme sont des droites.

Pour la période de démarrage, nous substituerons tout d'abord à la courbe réelle une droite fictive unique Δ aux ordonnées 423 au départ et 2210 à la fin du démarrage.

On a, en effet :

$$\frac{2420 + 2000}{2} = 2210 \text{ (voir fig 9)}.$$

La surface correspondant à l'énergie exprimée en kilowatts-seconde, de la portion du plan limitée par la courbe réelle et celle de la portion du plan limitée par la droite Δ sont sensiblement égales. Elles le sont exactement, quand on considère le diagramme de la puissance sur l'arbre du moteur d'extraction.

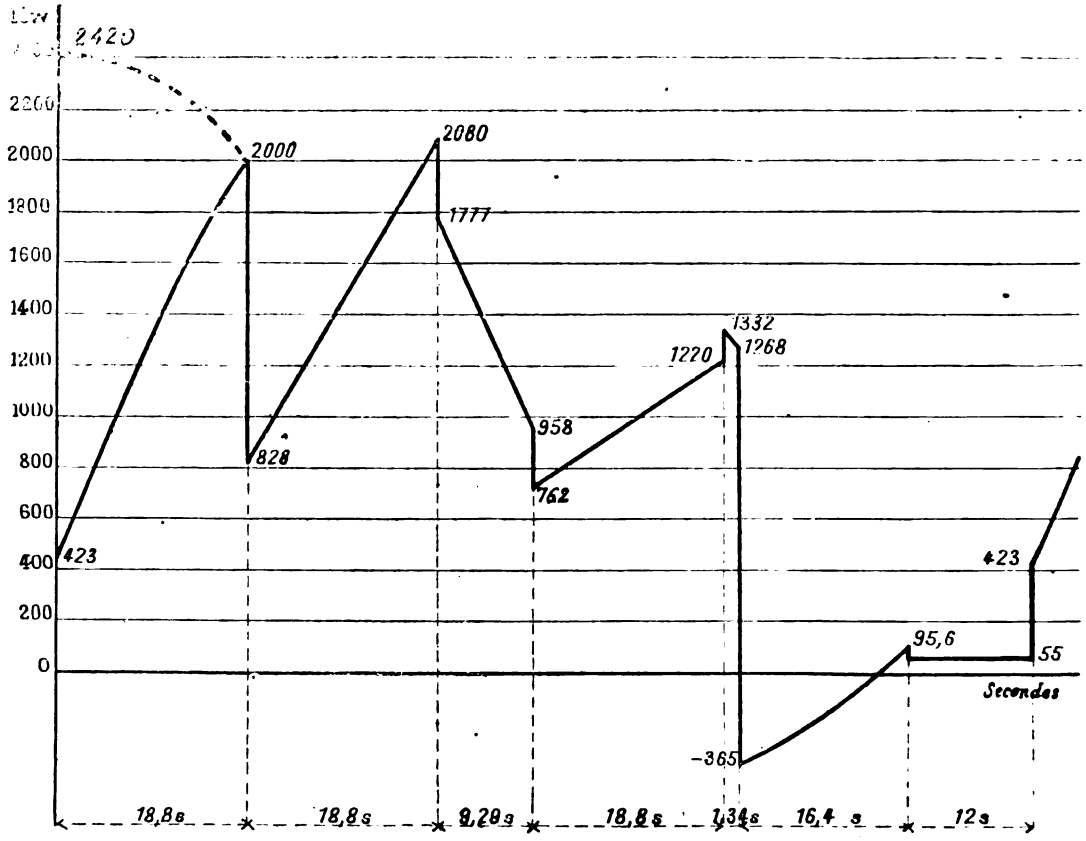


Fig. 8.

Nous opérerons de même pour la période de ralentissement et la droite fictive Δ sera définie par les ordonnées — 365 au départ et + 95,6 à l'arrivée.

Caractéristiques du moteur d'induction. — Puissance normale P_n, 1250 kw (utiles); couple normal C_n, 1230 m-kg; vitesse angulaire au synchronisme, 104,66 radians par seconde (1000 t : mn); vitesse angulaire normale en charge, balais court-circuités, 103,6 radians par seconde; puissance à partir de laquelle agit le régulateur de glissement P_r, 1150 kw (utiles); couple utile correspondant C_r, 1130 m-kg; glissement minimum g_m pour le couple C_n correspondant à la résistance minimum du circuit suivant: rotor, rhéostat liquide (électrodes à fin de course) et câbles de jonction, 4 pour 100;

$$C_0 = \frac{C_n}{g_m} = 30{,}750;$$

vitesse angulaire ω_r correspondant à C_r ($g_m = 3{,}6$ pour 100), 100,82 radians par seconde; I (moment d'inertie des masses tournantes), 1000 kg-m².

Calculs. — *Première période.* — Démarrage. — Conditions. — $p_1 = 55$ kw et $P_1 = 423$ kw; $P_2 = 2210$ kw; $t_1 = 18{,}8$ secondes; $\omega_1 = 104{,}44$ radians par seconde.

On a

$$\omega = \frac{\Omega}{2}\left[1 + \sqrt{1 - \frac{101{,}9}{C_0 \frac{\Omega}{4}}\left|\left(p_1 - P_1 + \frac{A}{k}\right)e^{-kt} + P_1 + At - \frac{A}{k}\right|}\right], \qquad (6)$$

Digitized by Google

équation dans laquelle

$$A = \frac{P_2 - P_1}{t_1} = 95 \quad \text{et} \quad k = \frac{C_0}{\Omega I} = 0{,}294.$$

Cherchons la valeur de t pour $\omega = \omega_r = 100{,}82$ radians par seconde. On trouve $t = 10{,}78$ s.

Ayant fait ce calcul préliminaire, nous substituerons à la droite Δ, deux autres droites, caractérisées par les constantes suivantes (fig. 9) :

La première Δ_1 : ordonnées extrêmes. $P_1 = 423$ et $P_2 = 1\,440$; abscisses extrêmes, $t_1 = 0$ et $t_2 = 10{,}3$;

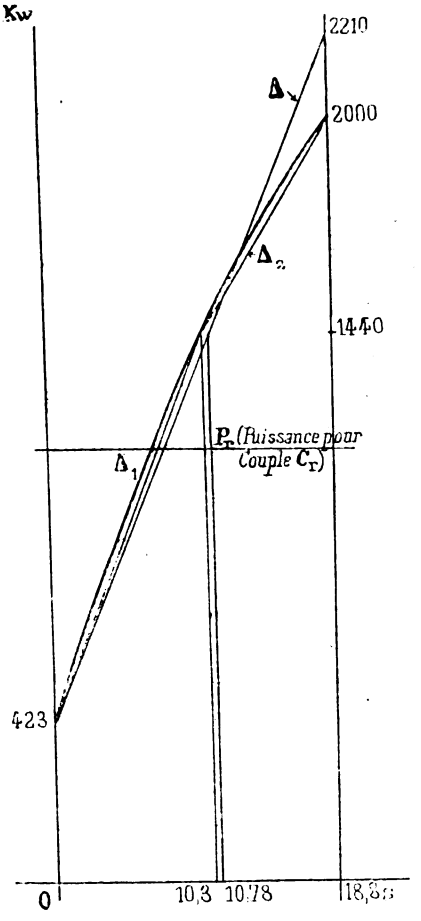


Fig. 9.

et la deuxième Δ_2 : ordonnées extrêmes, $P_1 = 1\,440$ et $P_2 = 2\,000$; abscisses extrêmes, $t_1 = 10{,}3$ et $t_2 = 18{,}8$.

La surface des deux trapèzes limités par ces deux droites entre leurs ordonnées extrêmes est égale à celle du trapèze limité par la droite initiale, mais la forme de la courbe est mieux épousée.

L'abscisse intermédiaire 10,3 est choisie par approximation.

Les coefficients relatifs à la première droite Δ_1, ayant été déterminés comme ci-dessus et introduits dans la formule de ω, on trouve que la valeur de t pour laquelle $\omega = 100{,}82$, est égale à 10,3 s, ce qui justifie le choix précédemment fait.

A ce moment, le régulateur entre en action et on passe au deuxième temps de la période de démarrage, caractérisé par la deuxième droite Δ_2.

Deuxième période. — Les formules à appliquer sont celles portant les numéros (14), (15) et (17).

Les coefficients sont : $t_0 = 21{,}857$; $b = 6{,}715$; $a = 1{,}13$; $k = 2{,}529$. On en tire $\operatorname{tg} \alpha_1 = 1{,}6052$; soit $\alpha_1 = 58°10''$ ou, en radians, $1{,}01234$ et $\log k_1 = -1{,}71363$.

La valeur de ω_2 est donnée par

$$-\log\cos^3\alpha + \frac{1{,}13}{2\times 2{,}529}\cdot\frac{1}{2{,}302}\alpha_2 = 1{,}71363 - \log(t_0 + t_1),$$

$$t_0 + t_1 = 30{,}357 ;$$

d'où

$$\alpha_2 = 45°29',$$

$$\frac{a}{2} + k \operatorname{tg} \alpha_2 = 3{,}137,$$

et $\omega_2 = 3{,}137 \times 30{,}357 = 95{,}23$.

Les coefficients angulaires des tangentes sont, au départ,

$$\frac{d\omega}{dt} = -0{,}32 ;$$

à l'arrivée,

$$\frac{d\omega}{dt} = -0{,}99.$$

Troisième période (régime). — Conditions :

$P_1 = 826$ kw ; $P_2 = 2080$ kw ; $t = 18{,}8$ s ; $C_r = 1130$ m-kg.

Nous sommes encore dans une période de puissance croissante ; on a donc à appliquer les mêmes formules que ci-dessus.

On trouve d'abord $t_0 = 12{,}38$; $b = 6{,}798$; $k = 2{,}5454$; $\alpha_1 = 70°20'45''$; ce qui permet, comme ci-dessus, d'avoir

$$\alpha_2 = 40°55,$$

$$\frac{a}{2} + k \operatorname{tg} \alpha_2 = 2{,}7712,$$

$$\omega_2 = 86{,}39,$$

et, en outre, au départ

$$\frac{d\omega}{dt} = +0{,}2452 ;$$

à l'arrivée

$$\frac{d\omega}{dt} = -1{,}32.$$

La vitesse angulaire a commencé par croître, c'est-à-dire que le moteur a fourni de l'énergie au volant ; elle a passé par un maximum ; puis, a recommencé à dé-

Digitized by Google

croître, le volant fournissant à son tour une part de son énergie cinétique.

En appliquant les formules ci-dessus, on trouve que la valeur de t qui donne le maximum est 3,53 s et que ω est égal, alors, à 95,77 radians par seconde.

Quatrième période. — Nous arrivons à une période de puissance décroissante. Les caractéristiques de cette période sont $P_1 = 1777$ kw ; $P_2 = 958$ kw ; $t = 9{,}29$ s. Le régulateur de glissement est toujours en action.

Les formules à appliquer sont celles portant les numéros (22), (21) et (24).

Les coefficients sont : $t_0 = 20{,}156$; $b = 8{,}976$; $k = 3{,}049$; $\frac{a}{2k} = 0{,}1857$; $1 - \frac{a}{2k} = 0{,}8143$.

On trouve

$$v_1 = \frac{1}{k}\left(\frac{\omega_1}{t_0} + \frac{a}{2}\right) = 1{,}591 ;$$

puis la constante, $\log k_1^2 = -2{,}91282$.

La valeur de v_2 est donnée par les deux équations

$$\frac{0{,}8143}{2{,}3023} - \log(1 - e^y)^2 = 2{,}91282 - \log 4 - \log (t'_0 - 9{,}29)^2$$

ou

$$0{,}353\, y - \log (1 - e^y)^2 = 0{,}23863,$$

et

$$v_2 = \frac{1 + e^y}{1 - e^y}.$$

On trouve successivement, à l'aide des deux courbes de la figure 6, $y = 0{,}83$, $v_2 = 2{,}648$, ainsi que

$$k v_2 - \frac{a}{2} = 7{,}5087,$$

et

$$\omega_2 = 7{,}5087\ (t_0 - 9{,}29) = \mathbf{81{,}603}.$$

Les coefficients angulaires des tangentes sont :

Au départ, $\frac{d\omega}{dt} = -\mathbf{0{,}967}$;

A l'arrivée, $\frac{d\omega}{dt} = -\mathbf{0{,}066}$.

Cinquième période. — Puissance croissante. — Les conditions sont : $P_1 = 762$ kw ; $P_2 = 1220$ kw ; $t_1 = 18{,}8$ s ; $\omega_1 = 81{,}6$ radians par seconde.

Les coefficients sont : $t_0 = 31{,}27$; $b = 2{,}482$; $k = 1{,}471$, et

$$v_1 = \operatorname{tg} \alpha_1 = 1{,}389$$

$$\alpha_1 = 54°14'56''$$ ou, en radians, 0,9468,

$$\log k_1 = -1{,}8868.$$

On en tire

$$\alpha_2 = 34°27'12''$$

$$k \operatorname{tg} \alpha_2 = 1{,}00921,$$

et

$$\omega_2 = 78.82 \text{ radians par seconde.}$$

Les coefficients angulaires des tangentes sont :

Au départ, $\frac{d\omega}{dt} = +0{,}179$;

A l'arrivée, $\frac{d\omega}{dt} = -0{,}44$.

La vitesse ω passe par un maximum qui a lieu pour $t = 6{,}26$ s et est $\omega = 82{,}39$ radians par seconde.

Sixième période. — Puissance décroissante. — Les conditions sont : $P_1 = 1332$ kw ; $P_2 = 1268$ kw ; $t_1 = 1{,}34$ s ; $\omega_1 = 78{,}82$ radians par seconde.

On trouve $\omega_2 = \mathbf{78{,}27}$, radians par seconde. et les coefficients angulaires des tangentes sont :

A l'arrivée, $\frac{d\omega}{dt} = -0{,}55$;

Au départ, $\frac{d\omega}{dt} = -0{,}48$.

Septième période. — Puissance croissante (ralentissement). — Les conditions sont : $P_1 = -365$ kw ; $P_2 = +95{,}6$ kw ; $t_1 = 16{,}4$ s ; $\omega_1 = 78{,}27$ radians par seconde.

Les coefficients sont : $t_0 = -13$, $b = 2{,}86$; $k = 1{,}592$; $\operatorname{tg} \alpha_1 = -4{,}06$; $\alpha_1 = -76°24'34''$ ou $-1{,}3336$ radians ; $k_1 = -0{,}02898$.

Pour $t - t_0 = 0$, c'est-à-dire pour $t = 13$ s

$$\omega = -\frac{k}{k_1} e^{\frac{a}{2k}\frac{\pi}{2}} = \frac{1{,}592 \times 1{,}7433}{0{,}02898}$$

$$= 95{,}7 \text{ radians par seconde.}$$

En ce point,

$$\frac{d\omega}{dt} = a = 1{,}13.$$

Au temps $t = 16{,}4$, on a

$$\frac{\cos \alpha_2}{e^{\frac{a}{2k}\alpha_2}} = (16{,}4 - 13)(-0{,}02898) = -0{,}0986;$$

α_2 est compris entre $-\frac{\pi}{2}$ et $-\pi$; et $\cos \alpha_2 = -\cos(\pi - \alpha_2) = -\cos \alpha'$, α' étant > 0 ; on a donc à résoudre

$$-\log \cos \alpha' + 0{,}1537\ \alpha' = -\log \frac{0{,}0986}{e^{\frac{a}{2k}\pi}}$$

$$\alpha' = 86°49'.$$

$$\alpha_2 = -93°11',$$

$$k \operatorname{tg} \alpha_2 + \frac{a}{2} = 28{,}618 + 0{,}565,$$

$$\omega = 29{,}183 \times 3{,}4 = \mathbf{99.22} \text{ radians par seconde.}$$

On a à l'arrivée, $\frac{d\omega}{dt} = +1{,}02$;

et, au départ, $\frac{d\omega}{dt} = +1{,}6049$.

Digitized by Google

Huitième période. — Pause (puissance constante $P_1 = 55$ kw); $\omega_1 = 99{,}22$ radian par seconde.

A quel instant t, la vitesse sera-t-elle 100,82 radians par seconde ?

Par application de l'équation (3), on a

$$t = \frac{1}{1{,}13}(100{,}82 - 99{,}22) + \frac{0{,}1019 \times 55}{1{,}13^2} \log_e \frac{108{,}32}{106{,}512}$$

$$t = 1{,}41 + 10{,}15 \ (\log 108{,}32 - \log 106{,}512),$$

$$t = 1{,}483 \text{ s.}$$

Neuvième période. — A partir de ce moment, le couple du moteur ne reste plus constant et on doit appliquer la formule (5)

$$p = P_a - (P_a - p_1)\, e^{-kt}$$

dans laquelle

$$P_a = 55 \text{ kw}, \ p_1 = \frac{1\,130 \times 100{,}82}{101{,}93} = 1\,115 \text{ kw},$$

$$k = \frac{C_0}{\Omega I} = 0{,}204,$$

$$t = 12 - 1{,}483 = 10{,}517 \text{ s},$$

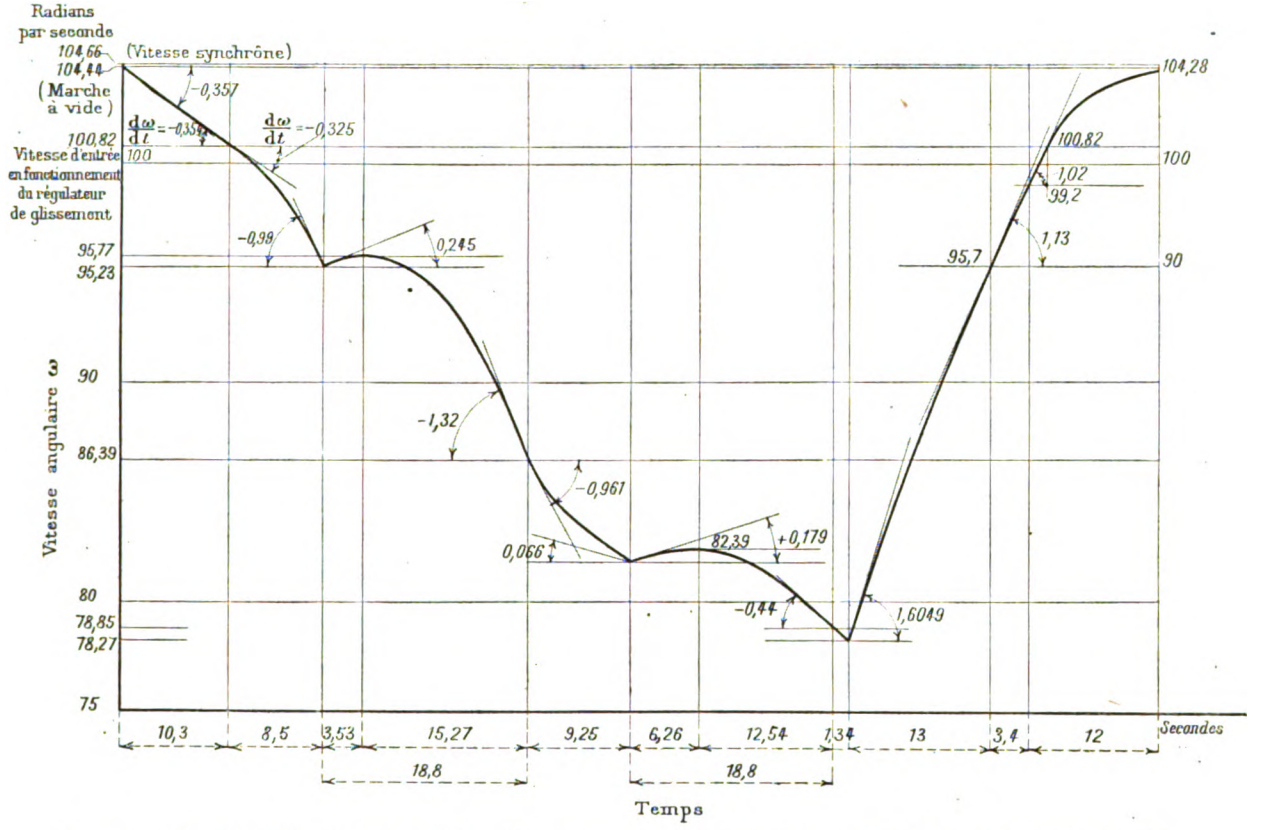


Fig. 10. — Courbe de la vitesse angulaire d'un groupe convertisseur avec volant d'une machine d'extraction.

On tire :

$$p_2 = 102{,}7 \text{ kw},$$

et, d'après la formule (6), $\omega_2 = 104{,}28$ radians par seconde.

On a tracé sur les figure 10 et 11 le diagramme de la vitesse angulaire; puis, les diagrammes des puissances suivantes : la puissance P requise par la dynamo du groupe, majorée des pertes du volant (I), celle fournie par le moteur d'induction (II) et enfin celle fournie ou absorbée par le volant (III).

Remarque. — Il faut noter qu'avec les coefficients choisis, la chute de vitesse, en centièmes, par rapport à la vitesse synchrone est de

$$\frac{104{,}66 - 78{,}27}{104{,}66} = 25{,}2 \text{ pour } 100.$$

Si on voulait que la chute de vitesse fût moins forte, il faudrait prendre des valeurs plus élevées que 1 000 pour le moment d'inertie du volant, ou que 1 130 pour le couple C_m, ou, encore, majorer ces deux valeurs à la fois.

Etant donnée la valeur de C_r, la méthode simple par laquelle on détermine I consiste tout d'abord à tota-

Digitized by Google

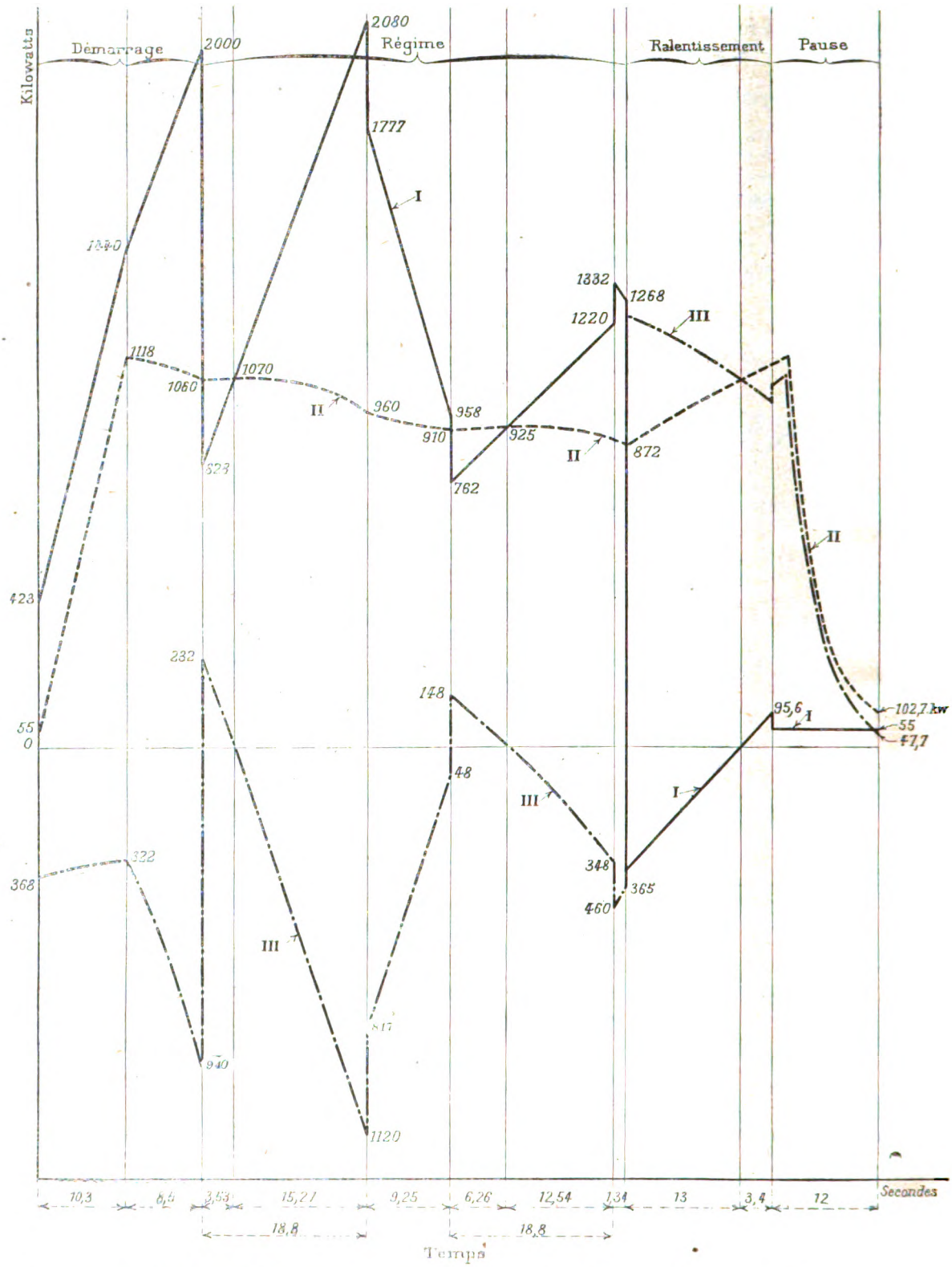


Fig. 11. — Courbes de puissance d'un groupe convertisseur avec volant d'une machine d'extraction. — I. Courbe de la puissance sur l'arbre de la génératrice de démarrage. — II. Courbe de la puissance fournie par le moteur. — III. Courbe de la puissance fournie ou absorbée par le volant.

Digitized by Google

liser les surfaces du diagramme qui se trouvent au-dessus d'une ligne horizontale représentant la puissance moyenne qu'on ne veut pas dépasser ; cette surface, limitée par la courbe de la puissance, en fonction du temps, représente l'énergie que doit emmagasiner le volant entre ses deux limites extrêmes de vitesse, ω_1 et ω_2.

Si on veut ensuite déterminer la puissance p_n du moteur pour la vitesse ω_1, on peut écrire

$$p_n = p_{moy} \times \frac{2\omega_1}{\omega_1 + \omega_2},$$

ce qui suppose que la vitesse angulaire moyenne ω_m est égale à

$$\omega_m = \frac{\omega_1 + \omega_2}{2}.$$

Ceci est rarement vrai, et l'écart, pour être en général faible, atteint parfois une valeur appréciable, positive ou négative, selon la loi que suit la puissance du diagramme pendant la période considérée où ω passe de ω_1 à ω_2.

Ainsi, ayant évalué l'énergie (en kilowatts-seconde) correspondant à la surface totale de la partie du diagramme précédent, établi pour les périodes 2 à 6 inclus, nous avons imaginé diverses hypothèses sur la loi de variation de la puissance.

Si la puissance reste constante et égale à 1322,3 kw, chiffre égal au quotient de l'énergie totale 73013,27 kw-s par le temps total, soit 56,73 s, la vitesse finale ω_2 est de **82,4** radians par seconde.

Si la puissance fournie par le moteur variait linéairement (hypothèse toute théorique), ω_2 serait égal à **80,65** radians par seconde.

Si la puissance sur le diagramme était représentée par une droite dont les ordonnées extrêmes seraient 1150 kw et 1500 kw, ω_2 serait égal à 84,73 radians par seconde.

Si, au contraire, les ordonnées extrêmes étaient 1500 kw et 1150 kw, on aurait $\omega_2 = 78,4$.

Enfin, si la puissance passait linéairement de 2644 kw à 0, l'énergie totale étant toujours de 73013,27 kw-s, ω_2 serait égale à **59,4** radians par seconde. Après avoir passé par un minimum à 52,30. Ce dernier cas montre bien la différence qui se manifeste entre les valeurs possibles de ω_2 suivant la loi qui, sur le diagramme, régit la puissance.

Aucune loi ne peut être fixé d'avance. Aussi fera-t-on bien de majorer p calculé, de 5 à 10 pour 100, pour éviter que ω_2 soit plus faible que ce qu'on désire, ou, réciproquement, si on veut se limiter à la valeur de p calculée, majorer I de 5 à 10 pour 100 de façon que la vérification de la chute de vitesse du groupe effectuée par la méthode précédente ne donne pas de surprises.

N. B. — Il est à remarquer, d'après ce qui vient d'être résumé, que la chute de vitesse est plus marquée, toutes conditions égales par ailleurs, pour un diagramme à puissance décroissante (tambours cylindriques, par exemple) que pour un diagramme à puissance croissante.

Deuxième hypothèse. — La tension de la dynamo du groupe varie proportionnellement à la vitesse angulaire du groupe convertisseur. — Nous avons vu que, si l'installation ne comportait pas d'appareil spécial libérant le machiniste du souci de régler continuellement la vitesse angulaire de sa machine, on pouvait, théoriquement du moins, arriver au même but en réglant, lors des essais de la machine d'extraction, la tension de la dynamo à une valeur initiale telle que, malgré la chute de vitesse du groupe pendant une cordée, la durée de la cordée ne soit pas augmentée.

Si l'on désire résoudre le problème à priori, on n'y parviendra que par approximations successives.

Mentionnons d'abord que, quand la machine a atteint son allure de régime, nous voulons dire quand le machiniste a poussé son levier de manœuvre à fond de course et l'y laisse, la chute de vitesse du groupe suit une loi qui est de la forme

$$\omega = Ae^{kt} + Be^{-kt},$$

quand la puissance décroît avec le temps, et

$$\omega = M \cos kt + N \sin kt,$$

quand elle croît avec le temps.

Mais pour déterminer la vitesse initiale, c'est-à-dire celle atteinte à la fin de la période de démarrage, il est nécessaire, d'abord, de soustraire à la fantaisie du machiniste la conduite arbitraire de la machine par une condition supplémentaire; ce sera, par exemple, celle de démarrage à accélération constante et le procédé dit « de la came » permettra facilement de réaliser cette condition.

On se trouve ainsi, pour cette première période, ramené à résoudre le problème étudié dans la première hypothèse.

Mais la solution de ce problème nécessite elle-même, d'abord, la connaissance des coefficients P_2, puis t_0 et b, qui, tous, dépendent de la valeur de la vitesse de la machine d'extraction en fin de démarrage n_1, c'est-à-dire, finalement, de la vitesse angulaire du groupe, vitesse qui est précisément l'inconnue du problème; d'où la nécessité de procéder par approximations successives en se fixant à priori cette valeur.

Aussi ne nous étendrons-nous pas sur ce cas, d'autant que la valeur minimum de la vitesse angulaire du groupe se rapproche beaucoup de celle qui résulte d'une variation linéaire de la vitesse angulaire, hypothèse admise pour la détermination du volant.

IV. — **Conclusion.** — Les différentes formules établies et appliquées dans les pages qui précèdent ne peuvent avoir comme objet de calculer le PD^2 d'un volant en fonction de la chute de vitesse $\omega_1 - \omega_2$; cela ne serait possible qu'au prix de calculs longs et com-

Digitized by Google

pliqués que l'industriel ne peut entreprendre qu'exceptionnellement; mais elles pourront permettre, assez rapidement pour les diagrammes simples, de vérifier que la méthode usuelle du calcul du volant donne des résultats qui satisfont à la valeur du glissement qu'on s'est primitivement imposée, et, accessoirement, que l'énergie à dissiper par le régulateur de glissement, relevée sur les graphiques, ne sera pas supérieure à la capacité de ce dernier, déterminée, comme le volant, par es méthodes simples habituelles.

Nous avons pensé, en outre, que ces quelques pages pourraient être quelquefois consultées utilement par les ingénieurs, que l'esprit d'investigation pousse à rechercher l'expression mathématique de la loi d'un phénomène donné et qu'elles apporteront ainsi une modeste contribution à l'étude générale des machines d'extraction électriques.

G. HACAULT.
Ingénieur E. C. P. et E. S. E.,
Ingénieur à la Compagnie Electro-Mécanique.

Revues, analyses et informations

La distribution du flux magnétique dans les transformateurs (1).

En traitant du transformateur, beaucoup d'auteurs et presque tous les manuels partagent la réactance de fuites en deux parties, l'une étant due aux ampères-tours primaires, l'autre aux ampères-tours secondaires. Cette conception de la réactance de fuites implique l'existence d'un flux de fuite secondaire, que, dans bien des cas, on considère comme égal au flux de fuite primaire. D'autres croient que le flux de fuite réellement présent dans le transformateur est le résultat de la combinaison des forces magnétomotrices primaire et secondaire, plutôt qu'une combinaison des flux produits par chaque force magnétomotrice agissant séparément.

Pour éclaircir ce point par l'expérience, on a construit un petit transformateur et on y a étudié la distribution du flux. L'objet de l'article est de décrire cette recherche et d'en indiquer les conclusions.

L'APPAREILLAGE EXPÉRIMENTAL. — En se reportant aux figures 1 et 2, dessinées respectivement en accord avec les deux théories qu'on vient de rappeler, on verra que la différence dans la distribution du flux se trouve dans la région intérieure à la bobine secondaire. Dans la bobine primaire, le flux est le même.

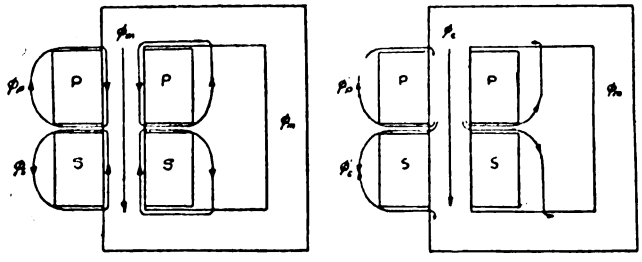


Fig. 1. — φ_m, flux principal; φ_p, flux de fuite primaire; φ_s, flux de fuite secondaire.
Fig. 2. — φ_i, flux qui passe dans le primaire et dans le secondaire; φ', flux qui passe dans le primaire, mais en dehors du secondaire; φ_p, flux qui passe dans le primaire seulement.

On s'est servi, pour l'étude du flux et de ses relations de phase, de bobines d'exploration. On a choisi le type simple de transformateur représenté dans les figures 1 et 2 et on a enfilé les bobines d'exploration dans des trous percés dans le noyau sous les enroulements primaire et secondaire. Les tôles du noyau, en acier au silicium, rectilignes, étaient longues de 20,3 cm, larges de 5,08 cm, épaisses de 0,455 mm. Elles n'étaient isolées que par l'oxydation produite par le recuit. Leur nombre était de 128 et la section du noyau, qui comprenait quatre entrefers, était de 21,7 cm². On perça dans ce noyau six trous de 0,391 cm de diamètre aux points indiqués par la figure 3 et leurs surfaces furent peintes au shellac. On bobina dans ces trous 40 spires de fil émaillé de 0,16 mm de diamètre, formant en tout huit bobines d'exploration, avec 80 fils par trou. Les bobines d'exploration étaient numérotées de 1 à 8, les numéros 1 à 4 étant sous l'enroulement primaire. La figure 3 représente les positions des divers enroulements. On voit que le primaire et le secondaire se composaient chacun de deux bobines, les bobines d'explorations étant sous le milieu de chaque enroulement.

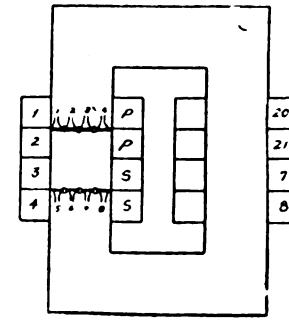


Fig. 3. — La section du noyau, diminuée de celle des trous des bobines d'exploration, est 16,7 cm². Toutes les bobines du transformateur ont 200 spires chacune et sont formées de fil de 1,309 mm² de section. Les bobines 7 et 8 servaient de bobines tertiaires. Les bobines 20 et 21 n'ont pas servi dans ces recherches.

Pour les mesures, on reliait en série avec la bobine d'exploration essayée un milliampèremètre et un oscillographe sensible. L'ampèremètre donnait sa déviation totale pour 0,030 ampère; sa réactance était de 0,25 à 0,27 henry et sa résistance de 304,5 ohms. Pour empêcher le courant qui passait dans la bobine d'exploration employée de déformer le flux, il était nécessaire de fournir une charge identique aux trois autres bobines non en essai. Dans ce but, on bobina trois enroulements d'une inductance de 0,25 henry et d'une résistance de 300 ohms. Pour opérer rapidement les changements de connexion, on relia les trois bobines de charge et le circuit d'essai à des jacks téléphoniques comme le montre la figure 4. Un alternateur de 7,5 kv-a, 110 volts, 60 p : sec, donnait une onde pratiquement sinusoïdale pour l'essai.

MÉTHODE D'ESSAI ET RÉSULTATS. — Les essais ont été faits alors que le transformateur fonctionnait dans les conditions suivantes :

a) A vide.

(1) Karl B. Mc Eachron, *Journal of the American Institute of Electrical Engineers*, avril 1922, t. XLI, p. 281-287, 4 000 mots, 10 fig., 7 tableaux.

Digitized by Google

b) Avec le scondaire en court-circuit.
c) En charge non inductive.
d) En charge inductive.

On a relevé une courbe de magnétisme et on y a choisi un point situé au-dessous du genou de façon que le courant

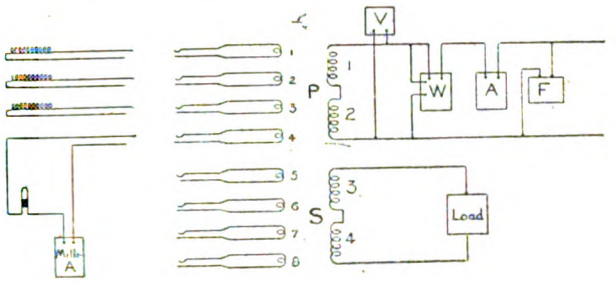


Fig. 4. — Schéma des connexions par jacks avec les bobines d'exploration.

d'excitation ne fût pas déformé par les variations de perméabilité.

On a pris des oscillographies indiquant le rapport de phase du courant de la bobine d'exploration et de la tension appliquée. On employait l'onde de tension, désignée par la lettre *e*, comme référence pour déterminer la position du courant qui passait dans la bobine exploratrice en essai.

D'après les lectures à l'ampèremètre de la bobine d'exploration et les constantes de son circuit, on calculait la tension induite dans chaque bobine d'exploration. D'après ces tensions, on obtenait les flux traversant ces diverses bobines.

On calculait aussi (la méthode est donnée dans un appendice) les phases et les grandeurs des diverses tensions. On comparait, dans chaque cas, les résultats donnés par les bobines d'exploration avec ceux du calcul.

a) *Marche à vide.* — Données relatives à la perte dans le noyau : 115 volts, 0,08 ampère, 2,47 watts, 61 p : s.

Tableau I. — *Essais à vide.*

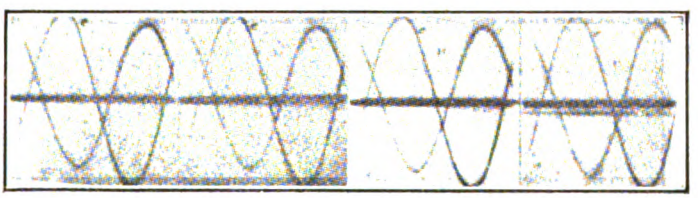
Bobine d'exploration N°	Ampères dans la bobine d'exploration	Flux par cm² (B_{max})	Degrés de déphasage	Moyenne de B_{max}	Déphasage moyen en degrés
I	II	III	IV	V	VI
1	0,0086	5 680	40		
2	0,0084	6 690	40	6 230	37 retard
3	0,0086	6 950	35		
4	0,0088	5 600	32		
5	0,00835	5 640	35		
6	0,00835	6 610	33	6 070	33 retard
7	0,0085	6 640	33		
8	0,0086	5 390	32		

Les flux de la colonne III sont calculés d'après la colonne II et indiquent la valeur maximum du flux qui passe dans les spires de la bobine d'exploration.

Les angles de la colonne IV sont relevés sur les oscillographies et ont été diminués de 180° puisqu'on a pris comme référence une tension appliquée au lieu d'une tension induite

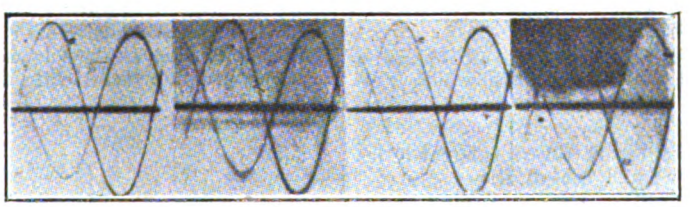
La densité de flux correspondant à la tension appliquée (115 volts) est 6240.

Les angles de retard qu'indique le tableau I ont des valeurs peu différentes ; on retranchera donc 33° des angles mesurés sur les oscillographies (fig. 5). Cette correction, appliquée à la



1 2 3 4

Bobines d'exploration primaires.



5 6 7 8

Bobines d'exploration secondaires.

Fig. 5. — Marche à vide. Positions de phase des courants dans les bobines d'exploration. *e* est la tension de référence.

phase de l'onde du courant dans la bobine d'exploration, doit donner la position approximative de la tension induite dans cette bobine.

On voit que la densité de flux indiquée dans le tableau II est plus grande au milieu du noyau que sur ses deux bords. Il en est ainsi pour le primaire et pour le secondaire, le flux dans le primaire étant un peu plus grand. On remarquera dans les essais suivants que le flux se distribue dans le noyau à peu près de la même manière, quelles que soient les conditions de charge.

b) *Secondaire en court-circuit.* — Données d'essai : Tension d'impédance, $E_p = 60$ volts ; courant primaire, $I_p = 4$ ampères ; puissance absorbée, $W_p = 51{,}3$ watts ; tension tertiaire, $E_m = 24$ volts ; fréquence, $f = 60$ p : s.

Les angles de la colonne V s'obtiennent en diminuant de 33° ceux de la colonne IV.

Digitized by Google

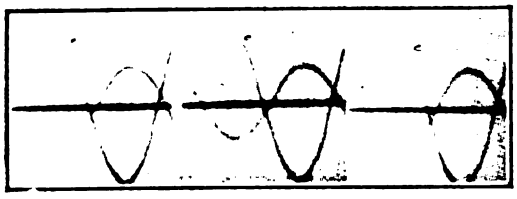
TABLEAU II. — *Secondaire en court-circuit.*

BOBINE d'exploration N°	AMPÈRES dans la bobine d'exploration	B'_{max}	DEGRÉS de déphasage	ANGLE CORRIGÉ	MOYENNE de B_{max}	DÉPHASAGE MOYEN en degrés
I	II	III	IV	V	VI	VII
1	0.0046	3 040	24 retard	9 avance		
2	0,0045	3 580	22 id	11 id	3 330	8 avance
3	0.0045	3 640	27 id	6 id		
4						
5		310 (1)	98 retard	65 retard		
6		370 (1)	98 id	65 id	340	66 retard
7		370 (1)	100 id	67 id		
8						

(1) Ces flux ont été calculés d'après l'amplitude de l'onde de courant, l'oscillographe ayant été étalonné auparavant.

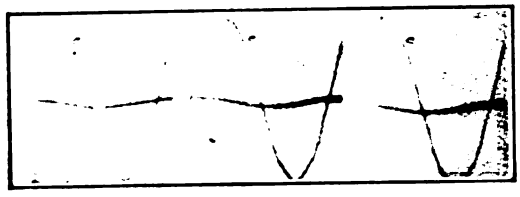
Les oscillogrammes de la figure 6 donnent encore les positions des courants induits dans les bobines d'exploration.

Les tensions et densités de flux, calculés (comme l'indique



1 2 3

Bobines d'exploration primaires.



5 6 7

Bobines d'exploration secondaires.

Fig. 6. — Marche avec secondaire en court circuit. Phases et amplitudes des courants dans les bobines d'exploration. *e* est la tension de référence.

l'appendice) d'après les constantes du transformateur et les données d'essai, sont fournies par le tableau III.

E_p, tension primaire. $\overline{E'_p} = \overline{E_p}$ diminué de $\overline{I_p R_p}$.

$\overline{E_m}$, tension induite par le flux principal, c'est-à-dire le flux qui existe dans les parties du noyau non situées sans les enroulements primaire ou secondaire.

E_s, tension aux bornes secondaire. $\overline{E'_s} = \overline{E_s}$ augmenté de $\overline{I_s R_s}$.

B'_{max}, densité de flux normale dans le noyau.

B_{max}, densité de flux normale dans le noyau, calculée sans tenir compte de la diminution de section de celui-ci.

En comparant les densités de flux et les angles de déphasage qu'indiquent les colonnes VI et VII du tableau II avec les valeurs correspondantes dans les colonnes III et IV du tableau III, on voit clairement que la tension induite dans le primaire est $\overline{E'_p}$ et que la tension induite dans le secondaire est

TABLEAU III. — *Secondaire en court-circuit*
Tensions et densités de flux calculées.

TENSION	B_{max}	B'_{max}	DÉPHASAGE en degrés
I	II	III	IV
$\overline{E'_p} = 60 + j.0$			
$\overline{E_p} = 58,7 + j.6,0$ ..	2 530	3 290	6 avance
$\overline{E_m} = 23,9 - j.1,6$..	1 030	1 470	4 retard
$\overline{E'_s} = -1,32 + j.9,0$.	260	340	76 retard
$\overline{E_s} = 0,0 + j.6,$			

$\overline{E'_s}$. On indique généralement $\overline{E_m}$ comme étant la tension induite dans l'enroulement secondaire, mais les données montrent que le flux trouvé sous l'enroulement secondaire suffit seulement à induire une tension égale à la chute ohmique secondaire IR.

On ne trouve dans le noyau, sous l'enroulement secondaire, aucune trace du flux de fuite en tant que flux séparé; la distribution dans le noyau est semblable à celle du fonctionnement à vide et l'angle de retard est pratiquement constant le long du noyau. Le seul flux qu'on trouve sous l'enroulement secondaire est celui qui suffit à surmonter la chute de tension IR dans le secondaire.

Le diagramme vectoriel de la figure 7 A est établi selon

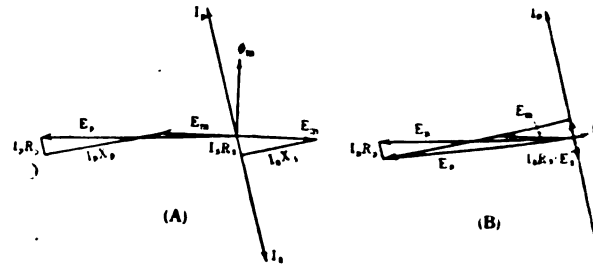


Fig. 7. — Diagrammes des tensions induites d'après la méthode ancienne et la méthode nouvelle.

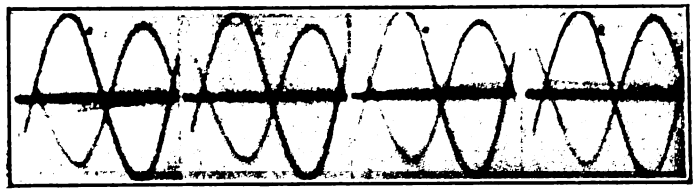
la théorie, généralement répandue, qu'il y a une réelle chute de tension par réactance dans le primaire et dans le secon-

Digitized by Google

daire, et que la tension induite est égale à E_m. Un autre diagramme, basé sur l'idée que les tensions induites sont celles qu'on trouve dans l'essai relaté ici, est représenté par la figure 7 B. Les deux méthodes conduiront aux mêmes résultats numériques, mais il faut se rappeler que le flux de fuite et le flux principal ne peuvent exister dans le noyau comme flux séparés et indépendants. On reparlera plus loin de ces deux méthodes.

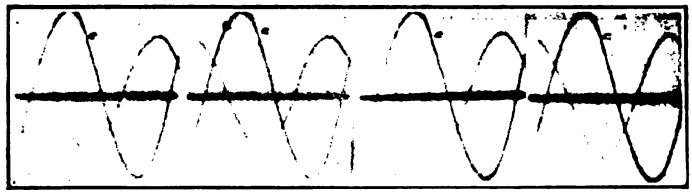
c) Charge non inductive. — Données d'essai : $E_p = 115$ V; $I_p = 3{,}82$ A; fréquence = 60 p : s.

La figure 8 reproduit les oscillogrammes relatifs à ces conditions.



1 2 3 4

Bobines d'exploration primaires.



5 6 7 8

Bobines d'exploration secondaires.

Fig. 8. — Charge non inductive. Phases des courants dans les bobines d'exploration. *e* est la tension de référence.

TABLEAU IV. — *Charge non inductive.*

BOBINE d'exploration N°	AMPÈRES dans la bobine d'exploration	B_{max}	DEGRÉS de déphasage	ANGLE CORRIGÉ	MOYENNE de B_{max}	DÉPHASAGE MOYEN en degrés
I	II	III	IV	V	VI	VII
1	0,0082	5 400	18 retard	15 avance	6 020	14 avance
2	0,0080	6 380	18 id	15 id		
3	0,0080	6 500	20 id	13 id		
4	0,0085	5 500	10 id	13 id		
5	0,0067	4 600	54 retard	21 retard	5 050	20 retard
6	0,0068	5 460	54 id	21 id		
7	0,0069	5 500	52 id	19 id		
8	0,0070	4 450	51 id	18 id		

TABLEAU V. — *Charge non inductive. Tensions et densités de flux calculées.*

TENSION	B_{max}	B'_{max}	DÉPHASAGE en degrés
I	II	III	IV
$E_p = 115 + j\,0$.....			
$E'_p = 109{,}8 + j\,2{,}86$	4 800	6 240	1 avance
$E_m = 93{,}3 - j\,26{,}8$..	4 240	5 510	16 retard
$E'_s = -82{,}7 + j\,46{,}0$	4 120	5 360	29 retard
$E_s = -77{,}4 + j\,43{,}2$			

Une comparaison des tableaux IV et V montre que la tension induite par le flux qui passe dans le primaire correspond à E_p, tandis que le flux qui passe dans le secondaire induit une tension E'_s. Les valeurs numériques ne s'accordent pas avec toute l'exactitude désirable, mais elles sont assez rapprochées pour conduire à cette conclusion.

d) Charge inductive. — Données d'essai : $E_p = 115$ V, $I_p = 4{,}03$ A, fréquence = 60 p : s.

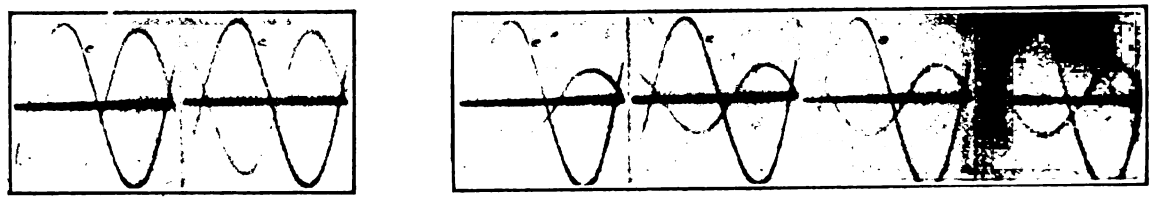
Caractériques de la charge : $E_s = 54$ V, $I_s = 4{,}04$ A, W (charge) = 50,6 W. Le courant induit dans les bobines d'exploration a donné les oscillogrammes de la figure 9.

DISCUSSION. — Le flux qui passe dans les bobines d'exploration a été reconnu sinusoïdal dans chaque cas. La réluctance des quatre entrefers du noyau empêchait la déformation signalée par de précédents expérimentateurs.

Tous les essais tendent à prouver que la tension induite dans l'enroulement primaire est la tension appliquée diminuée vectoriellement de la chute ohmique primaire IR, et que la tension induite dans le secondaire est égale à la tension aux bornes secondaire augmentée vectoriellement de la chute ohmique secondaire IR. Le flux qu'on appelle ordinairement fluxprincipal, et qui est également ainsi désigné dans cet article, ne produit à lui seul la tension induite ni dans le primaire, ni dans le secondaire.

Presque tout le flux qu'on trouve dans le transformateur ordinaire à basse tension, le type usuel des réseaux de distribution, par exemple, est produit par les ampères-tours

Digitized by Google



1 2 5 6 7 8

Bobines d'exploration primaires. Bobines d'exploration secondaires.

Fig. 9. — Charge inductive. Phases des courants dans les bobines d'exploration. *e* est la tension de référence.

Tableau VI. — *Charge inductive.*

Bobine d'exploraiton N°	Ampères dans la bobine d'exploration	B'_{max}	Degrés de déphasage	Angle corrigé	Moyenne de B'_{max}	Déphasage moyen en degrés
I	II	III	IV	V	VI	VII
1	0,0087	5 740	20 retard	13 avance	6 250	13 avance
2	0,0083	6 620	20 id	13 id		
3	0,0081	6 580				
4	0,0088	5 700				
5	0,0040	2 750	29 retard	4 avance	2 950	3 avance
6	0,0040	3 210	29 id	4 id		
7	0,0040	3 160	31 id	2 id		
8	0,0040	2 530	31 id	2 id		

Tableau VII. — *Charge non inductive. Tensions et densités de flux calculées.*

Tension	B_{max}	B'_{max}	Déphasage en degrés
I	II	III	IV
$E_f = 115 + j.0$.....			
$E_f = 113{,}6 + j.6{,}11$.	4 850	6 330	3 avance
$E_m = 78{,}4 - j.1{,}88$.	3 360	4 370	1 retard
$E_1 = -55{,}6 = j.6{,}98$	2 390	3 110	7 retard
$E_1 = -54{,}2 + j.0{,}86$.			

du primaire. Les ampères-tours du secondaire modifient le flux primaire, mais ne produisent aucun flux qui pénètre dans le noyau. L'enroulement secondaire peut produire un flux qui n'entre pas dans le noyau, et ce sera le cas pour les enroulements à tension assez élevée, où la distance entre bobines et noyau devient fort grande.

Les flux de fuite n'ayant pas une existence séparée et indépendante dans le noyau, il semble préférable de ne pas les représenter par des lignes se fermant dans le noyau, car l'emploi de la ligne amène l'idée que le flux de fuite se trouve près du bord du noyau, concentrant ainsi le flux principal dans le milieu. La notion de ligne de force est destinée à la commodité seulement, et dans les cas où deux ou plus de deux forces magnétomotrices, non en phase, agissent sur une même partie du noyau, on peut arriver à une conclusion fausse, si l'on se tient strictement à l'idée de ligne.

On peut représenter ce qui se passe dans le noyau de la façon suivante (fig. 10), plus exacte que les schémas habituels. Le flux principal est représenté par trois flèches indiquant le sens de la force magnétomotrice de l'enroulement primaire. Sous le primaire, on voit quatre flèches, ce qui signifie que le flux de fuite primaire est déphasé par rapport au flux principal, représenté par trois flèches. Ce flux, ainsi que tous les flux dans le noyau, peut être considéré comme se distribuant dans le noyau de la même manière que lorsque aucun courant ne passe dans l'enroulement secondaire. Sous l'enroulement secondaire, le flux indiqué par les deux flèches est la différence vectorielle des quatre flèches

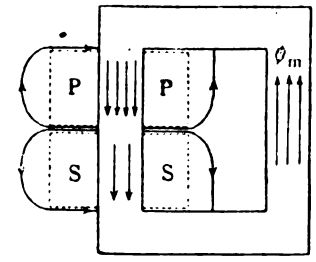


Fig. 10. — Schéma exact de la répartition des flux dans les noyaux d'un transformateur.

passant dans le primaire et des deux flèches représentant les fuites.

Dans le calcul des circuits de fuite, on a toujours négligé le trajet dans le fer et, comme les trajets dans l'air qu'indique la figure 10 n'ont pas été changés, on retrouve avec cette méthode le même mode de calcul et les mêmes résultats numériques.

Conclusion et résumé. — Cette recherche a montré que, pour le type simple de transformateur expérimenté, on ne trouve pas de flux de fuite séparés, ni sous le primaire, ni sous le secondaire. Ainsi la méthode si couramment employée dans les manuels pour représenter les flux de fuite, dans laquelle on les représente par des lignes de force situées dans la même partie du noyau que d'autres lignes de force, non en phase avec elles, ne donne pas l'image d'une réalité physique.

On montre aussi que la tension induite dans l'enroulement primaire est égale à la tension appliquée diminuée de la chute de tension IR, et que la tension induite secondaire est égale à la tension aux bornes secondaires augmentée de la chute de tension secondaire IR. — P. L.

Digitized by Google

SECTION INDUSTRIELLE

Les progrès récents de l'horlogerie électrique (*suite et fin*) (1)

VI. **Examen comparatif des différents modes d'entretien des pendules.** — Dans les ouvrages concernant l'horlogerie électrique, on trouve des affirmations telles que celles-ci :

« La constance de l'intensité du courant et de l'action électromagnétique qu'il produit sont pratiquement irréalisables (2). »

« La constance même de l'action électromagnétique serait peut-être encore insuffisante pour jouer le rôle d'un bon échappement de Graham (3). »

« Les ratés dans un contact d'horloge sont absolument inévitables (3). »

« Le remontage des horloges ordinaires est de beaucoup la manière la plus pratique d'utiliser l'électricité (4). »

Ces opinions sont tout à fait justifiées si l'on se base sur les mécomptes éprouvés dans l'emploi de nombreux systèmes paraissant correctement établis à première vue. Mais une étude plus approfondie de ces systèmes montre que *les mauvais résultats obtenus sont toujours la conséquence de grossières erreurs de technique, particulièrement en ce qui concerne l'établissement des organes électriques*. Il convient donc de ne pas condamner systématiquement tous les dispositifs électriques, mais bien seulement ceux qui sont imparfaits.

Une des plus sérieuses difficultés que l'on rencontre dans l'établissement des horloges électriques est la réalisation de contacts électriques fonctionnant avec une très faible dépense d'énergie et ne se détériorant pas. Il est évident que le bon fonctionnement de l'horloge dépend entièrement de ces contacts. Or, si l'on examine d'un peu près certains systèmes, on se rend compte que les interrupteurs sont placés dans des conditions qui ne leur permettent pas de fonctionner d'une façon satisfaisante. De plus, les organes électriques moteurs ont presque toujours un rendement électrique déplorable, ce qui entraîne l'usure rapide de la pile en même temps que de grandes variations dans sa résistance intérieure et sa force électromotrice. De là l'origine de l'opinion, encore admise actuellement, qu'une action électrique est forcément irrégulière et que les contacts électriques sont toujours des organes délicats et capricieux sur le bon fonctionnement desquels on ne saurait compter.

Parmi les causes de détérioration prématurée des piles et des contacts, nous indiquerons principalement l'emploi défectueux d'électroaimants ordinaires comme dispositifs électromoteurs.

Les systèmes moteurs dans lesquels on utilise un circuit magnétique uniquement composé de fer doux se déformant lorsqu'on établit un courant dans des bobines excitatrices ont un rendement extrêmement mauvais, *surtout lorsqu'il s'agit de produire de faibles forces*.

Nous croyons utile de rappeler les propriétés de ces systèmes, car ils jouent un très grand rôle en électrohorlogerie. Soient ni l'excitation et φ, le flux traversant le circuit magnétique à l'instant t. Ce flux φ est, par hypothèse, uniquement dû à l'excitation (on a $\varphi = 4\pi ni\mathcal{P}$, $\mathcal{P}$ étant la perméance du circuit magnétique à l'instant t).

Ecrivons que l'énergie électrique élémentaire fournie en un instant dt se trouve sous forme de chaleur et de variation de l'énergie du champ.

$$ui\,dt = Ri^2dt + n\,id\varphi.$$

On peut écrire identiquement

$$n\,id\varphi = \frac{n}{2}(i\,d\varphi + \varphi\,di) + \frac{n}{2}(i\,d\varphi - \varphi\,di)$$

$$= \frac{n}{2}\,d\,i\varphi + \frac{n}{2}(i\,d\varphi - \varphi\,di).$$

On a donc, en intégrant de o à t,

$$\int_0^t ui\,dt = \int_0^t Ri^2dt + \frac{n}{2}i\varphi + \int_0^t \frac{n}{2}(i\,d\varphi - \varphi\,di).$$

La quantité

$$\frac{n}{2}i\varphi \quad \text{ou} \quad \frac{Li^2}{2},$$

(L, coefficient de self-induction de la bobine) repré-

(1) *Revue générale de l'Electricité*, 2 décembre 1922, t. XII, p. 845-854.

(2) ANDRADE. *Chronométrie*, 1908, p. 342 (Encyclopédie scientifique).

(3) BOUASSE. *Cours de Physique*, 1920, t. II, Pendule spiral, Diapason, p. 209.

(4) BOUASSE. *Cours de Physique*, 1920, t. II, Pendule, Diapason, p. 186.

Digitized by Google

sente l'énergie potentielle emmagasinée dans le circuit magnétique. La quantité

$$\frac{n}{2}\int_0^t i\,d\varphi - \varphi\,di$$

représente le travail produit.

Si l'on coupe le courant à l'instant t, le flux φ revient à la valeur o et l'énergie potentielle $\frac{Li^2}{2}$ constitue une perte réduisant considérablement le rendement. Cette énergie, d'autre part, donne lieu à une *étincelle de rupture amenant rapidement la destruction du contact.*

On a pu, cependant, en atténuer les effets en shuntant le contact par des résistances sans self-induction ou des condensateurs, mais les dispositifs à adjoindre sont toujours compliqués, délicats et coûteux ; leur efficacité, en pratique, laisse à désirer.

D'autre part, dans les électroaimants destinés à produire de faibles forces, *les pertes par effet Joule sont toujours relativement très élevées.*

On se propose, en effet, d'obtenir une certaine attraction proportionnelle au carré de l'aimantation. Or, si le noyau n'est pas aimanté, la forme de la courbe d'aimantation du fer doux (fig. 16) nous apprend qu'un

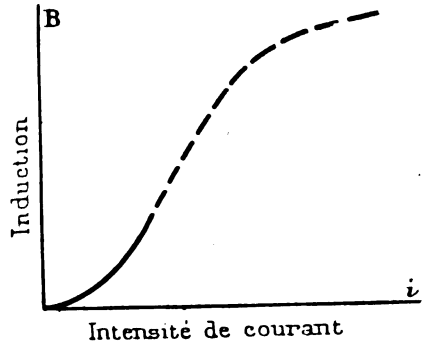


Fig. 16. — Induction du fer doux en fonction du courant magnétisant.

faible courant produit une très petite variation d'aimantation. Il faudra donc une intensité relativement élevée pour produire une certaine aimantation en partant de la valeur o.

Remarquons, enfin, que l'aimantation produite par un courant est d'autant plus faible que la résistance est plus élevée. Or, pour de petits appareils, il est difficile d'établir de bons circuits magnétiques. Il faut employer des entrefers relativement grands par suite de nécessités de fabrication et pour obtenir une certaine sûreté de fonctionnement. Pour toutes ces raisons, le rendement électrique est faible. Les piles s'usent très rapidement et donnent lieu à de multiples ennuis, beaucoup plus gênants que le remontage d'une horloge ordinaire. De plus, la consommation étant élevée et la résistance électrique des bobines étant faible, il faut faire usage de piles de grandes dimensions très encombrantes. Les variations de résistance du contact électrique ont une influence perturbatrice considérable sur la valeur des attractions électromagnétiques et les résultats obtenus au point de vue chronométrique sont déplorables.

On a cru pouvoir supprimer l'influence des irrégularités du courant en le chargeant uniquement de préparer le pendule à recevoir l'impulsion d'un ressort ou d'un poids. D'innombrables systèmes très ingénieux sont basés sur ce dispositif général qui est le plus souvent considéré comme le meilleur. Mais nous allons montrer que, par suite de circonstances accessoires, le résultat cherché n'est pas atteint et que ces systèmes ne peuvent permettre la réalisation d'horloges présentant suffisamment de simplicité et de robustesse pour entrer dans l'usage courant.

Dans ces systèmes, en effet, le dispositif électromoteur armant le poids ou le ressort ainsi que le déclanchement de l'impulsion sont obligatoirement commandés par un contact manœuvré par le pendule. Or, il est facile de voir que les moyens simples capables de remplir ces fonctions conduisent à placer le contact dans des conditions telles qu'il est impossible d'espérer un fonctionnement acceptable. En effet, pour actionner avec sûreté le dispositif électromoteur, lequel est toujours un électroaimant, il faut augmenter l'intensité et la durée du contact strictement indispensables. Par exemple, on double l'intensité et on emploie un contact durant 1/5 de seconde alors qu'une durée de 1/50 de seconde pourrait être suffisante. Cette durée est considérablement accrue dans certains dispositifs lorsque le courant doit maintenir l'armature pendant une partie de la course du pendule. Dans ces conditions, le rendement devient extrêmement faible. Indépendamment des raisons déjà exposées pour lesquelles le contact se détériore, il faut considérer que *les pressions de contact sont toujours extrêmement faibles et que l'on ne peut faire usage de contacts frottants*, la moindre interruption risquant d'amener un retour intempestif de l'armature dont l'inertie est toujours très faible. Le contact, par suite, fonctionne sans aucune sûreté.

De plus, il ne faudrait pas croire que l'impulsion fût absolument indépendante de l'état de ce contact. L'énergie communiquée au pendule à chaque impulsion ne dépend pas seulement de la force constante produite par le poids moteur, mais encore du chemin parcouru par cette force, lequel est généralement fonction de l'instant auquel se produit le déclanchement électrique du commencement ou de la fin de l'action du poids. Or, pour de faibles pressions de contact, et surtout lorsque les fermetures et ruptures du circuit ne sont pas très brusques, il est impossible d'obtenir des déclanchements électriques en des points absolument invariables.

Les impulsions motrices sont donc influencées par l'état du contact et l'effet perturbateur de leurs variations est particulièrement important pour le mode d'entretien étudié parce qu'elles amènent des variations d'amplitude relativement considérables (fig. 17 et 18) et que les conditions pour obtenir un parfait isochro-

Digitized by Google

nisme ne peuvent généralement pas être observées.

Les remarques précédentes concernant la détérioration du contact et l'usure rapide de la source s'appliquent à toutes les horloges fonctionnant à l'aide d'électroaimants devant fournir un travail supérieur à un minimum donné.

On peut améliorer le rendement électrique en ne fermant le circuit électrique que pendant le temps minimum nécessaire pour produire le travail correspondant aux pertes mécaniques.

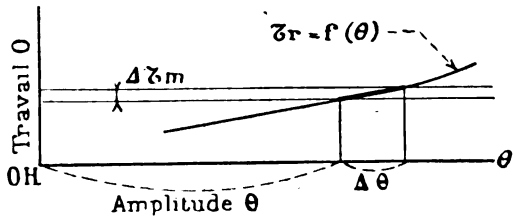


Fig. 17. — Graphique montrant l'influence d'une petite variation de l'impulsion motrice, dans un entretien électrique, sur l'amplitude du pendule.

Lorsqu'on fait usage d'électroaimants, il est, malgré tout, indispensable d'atténuer l'influence des irrégularités dans les impulsions motrices. On y est parvenu en réalisant des échappements électromécaniques spéciaux dans lesquels la restauration du mouvement ne se produit que lorsque le pendule a suffisamment perdu de sa force vive. L'ingénieux contact de Foucault (1860) que nous avons décrit plus haut (fig. 10) permet notamment d'obtenir ce résultat, mais cet organe est généralement considéré comme délicat et peu sûr et ses applications ont été très limitées.

En somme, l'obtention d'un mouvement régulier entretenu électriquement n'offre pas de difficultés théoriques ; il peut être résolu de bien des façons ; mais, pour arriver à des résultats pratiques satisfaisants, il est absolument indispensable de remplir les conditions accessoires suivantes :

1° *Il faut que les résistances passives soient très petites et que le rendement électrique soit très élevé, afin que l'usure de la pile soit très faible ;*

2° *Il faut que l'intensité du courant traversant le contact soit aussi très faible et qu'il ne se produise pas d'étincelle de rupture.*

On voit que le rendement électrique joue un rôle essentiel en électrohorlogerie et que la valeur d'un système est entièrement subordonnée à ce facteur.

C'est précisément pour cette raison que le mode d'entretien Féry par impulsions électromagnétiques décroissant avec la vitesse peut être considéré comme très supérieur aux autres.

La pratique a montré qu'avec des appareils établis comme l'indique schématiquement la figure 12, on peut réduire l'intensité passant par le contact à moins de 0,5 m A. La consommation annuelle peut être rendue inférieure à 1 watt-heure par an, ce qui permet d'alimenter l'horloge au moyen d'une petite pile dont la durée peut atteindre plusieurs années sans nécessiter d'intervention.

Remarquons, d'autre part, qu'avec ce système on arrive à atténuer considérablement l'étincelle de rupture sans introduire de complications. En effet, la bobine est le siège d'une force contre-électromotrice d'induction approximativement égale a $\frac{nV}{a}(\Phi_2 - \Phi_1)$. La différence de potentiel entre les pièces formant l'interrupteur est, après la rupture, $u - \frac{nV}{a}(\Phi_2 - \Phi_1)$. Cette différence est très faible dans une horloge bien établie. D'ailleurs, à l'instant de la rupture, le flux φ traversant la bobine étant uniquement dû à l'aimant (le flux produit par le courant étant négligeable devant φ), il n'y a pas de variation de l'énergie potentielle. Le phénomène est donc essentiellement différent de celui qui se produit dans le cas d'un circuit magnétique de fer doux excité par une bobine. Nous avons vu, en effet, que, dans ce cas, une énergie $\frac{\varphi i}{2}$ se manifeste à la rupture du circuit sous forme d'extra-courant et d'étincelle.

Ajoutons que, bien que la consommation soit très réduite, le mode d'entretien permet de réaliser des horloges très robustes continuant à fonctionner malgré les petits accroissements des résistances passives. L'augmentation de ces résistances amène, en effet, une réduction de l'amplitude et, par suite, une diminution de la force contre-électromotrice induite dans la bobine. Le courant absorbé est plus intense, de sorte qu'automatiquement les impulsions motrices deviennent plus fortes, ce qui permet de vaincre les résistances anormales.

Au point de vue de la réalisation mécanique de l'horloge, on remarquera que l'on peut utiliser le mouvement du pendule pour actionner directement un compteur chronométrique.

Nous verrons que ces compteurs peuvent être établis avec beaucoup plus de facilités que les mécanismes des horloges ordinaires.

VII. Description de quelques horloges.

A. Pendules entretenus par impulsions électromagnétiques directes. — Nous examinerons les principaux dispositifs proposés pour la réalisation des horloges utilisant le mode d'entretien représenté schématiquement figure 12. Nous étudierons successivement :

1° Le dispositif électromagnétique moteur ;

2° Le dispositif de contact ;

3° Le mécanisme de commande des aiguilles ;

4° Les moyens prévus pour régulariser la fréquence des oscillations.

1. *Dispositif électromagnétique moteur.* — Pour obtenir les impulsions motrices, différents dispositifs électromagnétiques moteurs ont été utilisés. Ces dispositifs peuvent être répartis en trois classes principales : a) Dispositifs dans lesquels le courant produit la déformation d'un circuit magnétique uniquement composé de pièces de fer doux ; b) dispositifs dans lesquels le

Digitized by Google

courant produit le déplacement de pièces de fer par rapport à un aimant permanent; c) dispositifs dans lesquels un circuit électrique sans fer se déplace par rapport au champ d'un aimant permanent.

Nous avons vu que les systèmes de la classe a présentaient de sérieux inconvénients (voir § VI). Leur rendement est mauvais et le contact se détériore rapidement si l'on ne prend pas de précautions particulières (shunts, condensateurs). Pourtant, on trouve de tels dispositifs moteurs dans de nombreux brevets récents. Nous estimons qu'il faut préférer à ces dispositifs ceux des classes b et c.

L'utilisation de pièces de fer solidaires du pendule se déplaçant par rapport à un aimant fixe (ou vice versa)

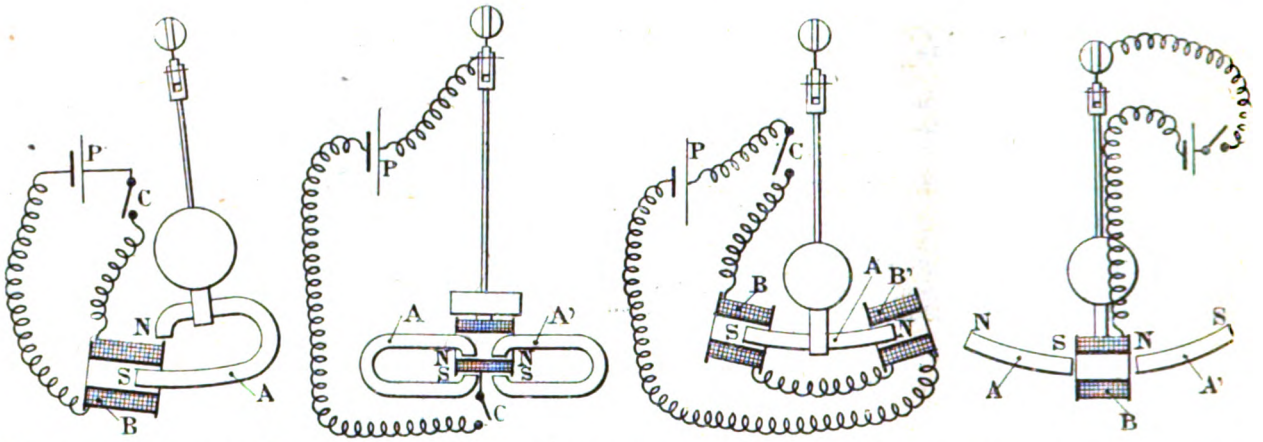


Fig. 18 19, 20 et 21. — Exemples de pendules à aimants plongeurs et bobines : Ch. Féry, Holden, Bardon et Bentley.

présente les inconvénients suivants: le couple dû à l'attraction magnétique s'ajoutant à la pesanteur, toute modification dans l'aimantation se traduit directement par une variation de la période. D'autre part, le mouvement des pièces de fer dans le champ magnétique entraîne des pertes par hystérésis et courants de Foucault relativement élevées par rapport aux causes d'amortissements ordinaires, ces dernières étant toujours extrêmement faibles.

Par suite, on donne généralement la préférence aux systèmes utilisant le mouvement d'un circuit électrique sans fer par rapport à un champ magnétique. Dans ce cas, l'aimant n'intervient que pour donner lieu à l'impulsion lorsque le contact électrique est établi. Le pendule oscille ensuite librement sans être soumis à une attraction magnétique.

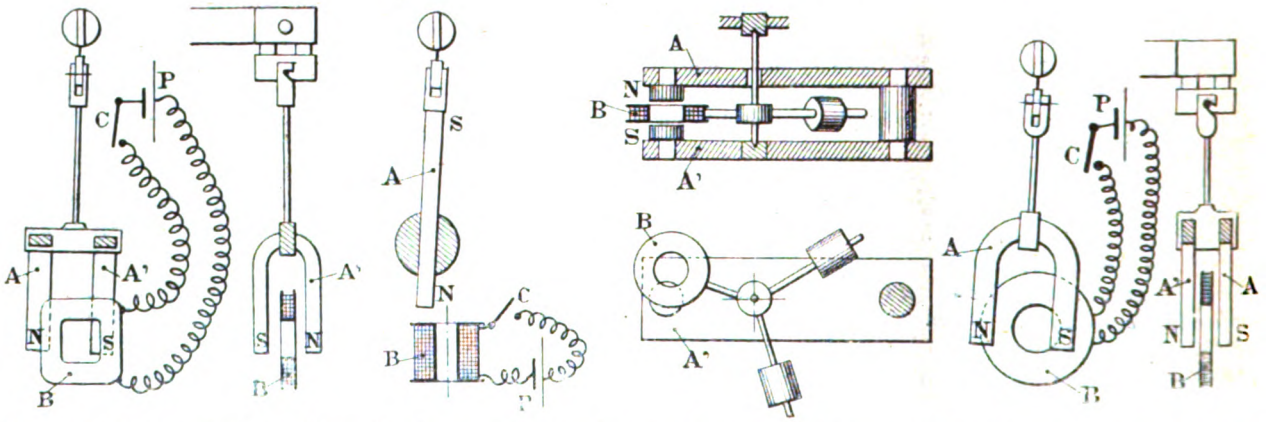


Fig. 22 et 23, 24 et 25. — Exemples de pendules armés d'aimants qui se déplacent parallèlement au plan des spires de bobines : Verain et Mees, Ch. Féry, Holden, Poncet et Pons.

Nous examinerons les principales dispositions adoptées pour produire les forces électromagnétiques au moyen de bobines solidaires du pendule et d'aimants fixes, ou vice versa (toutes les dispositions étant évidemment réversibles).

b. Utilisation d'aimants plongeurs et de bobines. — Nous citerons, comme exemple de telles dispositions, les horloges faisant l'objet des brevets suivants : Ch. Féry, brevet français n° 313144, 1901 (fig. 18); Holden, brevet anglais n° 14875, 1909 (fig. 19); Bardon, brevet français n° 479370, 1913 (fig. 20); Bentley, brevet anglais n° 8464, 1913 (fig. 21).

Digitized by Google

c. Utilisation d'aimants se déplaçant devant la bobine sans pénétrer à l'intérieur. —Dans ce cas, le déplacement s'effectue parallèlement au plan des spires. Cette disposition est revendiquée dans le brevet français Verain et Mees, n° 463 042, septembre 1913 (fig. 22). Le brevet français Ch. Féry, n° 455 152, février 1913, concerne également un système électromoteur comportant un aimant mobile dont le pôle se déplace devant une bobine avec ou sans fer (fig. 23).

Le même dispositif général se retrouve dans l'addition Holden n° 21 616, 1919 (fig. 24) ainsi que dans les brevets français Pons n° 501 215, 1919 et Poncet et Pons n° 501 713, 1919. Suivant ce dernier brevet (fig. 25), les inventeurs ont adopté une bobine en forme de galette de grand diamètre extrêmement plate se déplaçant entre deux aimants en fer à cheval très rapprochés.

Nous terminerons l'examen des dispositifs électromagnétiques moteurs en décrivant, avec quelques détails, celui de l'horloge faisant l'objet du brevet français Moulin, Favre-Bulle n° 510 234, 1919 (fig. 26). Dans

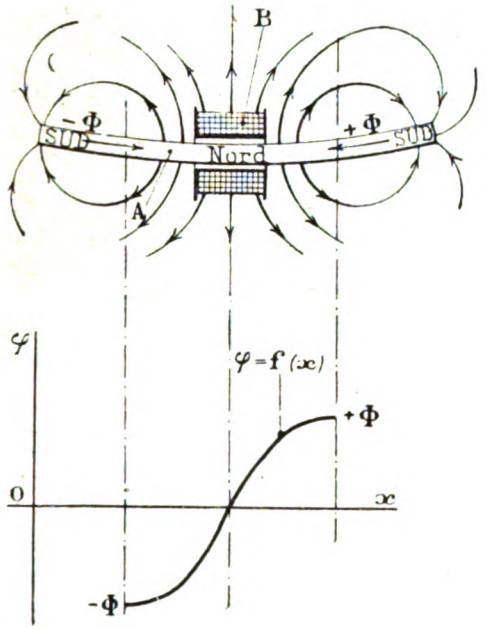


Fig. 26. — Dispositif électromagnétique moteur de Moulin et Favre-Bulle.

cette horloge, l'aimant employé est un barreau courbe en forme d'arc de cercle dont l'aimantation permanente est telle que les deux extrémités sont de la polarité sud, tandis que la partie moyenne est de la polarité nord. Le mode d'aimantation permet d'obtenir une excellente utilisation de la matière, car les lignes de force ont la forme indiquée sur la figure 26 et l'on voit que la variation de flux par rapport au déplacement est plus importante que dans la disposition représentée figure 14. La courbe $\varphi = f(x)$ est très inclinée sur l'horizontale dans la région utile et elle n'est pas sensiblement modifiée lorsqu'on augmente le diamètre des spires. Dans ces conditions, il est possible d'augmenter le jeu entre le trou de la bobine et l'aimant tout en maintenant une valeur satisfaisante pour le rendement. Cette propriété présente un gros intérêt au point de vue pratique, car, lorsque le jeu entre la bobine et l'aimant est faible, la pose de l'horloge est délicate, le moindre défaut d'aplomb risquant de provoquer un frottement entraînant l'arrêt du pendule.

2. *Contact électrique*. — Cet organe doit fermer le circuit électrique lorsque le pendule passe par la verticale en se déplaçant dans un sens déterminé. Il joue un rôle très important, car c'est de lui que dépend la régularité des impulsions motrices assurant l'entretien des oscillations du pendule.

Le contact électrique est très difficile à établir, car il doit satisfaire à de très nombreuses conditions. Nous indiquerons ci-après les principales pour montrer la complexité du problème.

1° Le parcours du pendule pendant lequel le contact est fermé doit être constant ;

2° La pression de contact doit être suffisamment élevée pour que la résistance électrique du contact soit faible. Il ne doit pas y avoir de vibrations des pièces de contact susceptibles d'amener des interruptions du circuit et de modifier ainsi les valeurs des émissions de courant ;

3° Les pièces venant en contact doivent frotter légèrement l'une sur l'autre et leur déplacement doit produire un balayage des poussières ;

4° L'énergie mécanique dépensée pour actionner le dispositif de contact doit être extrêmement faible. Elle ne doit pas entraîner de perturbations dans la fréquence des oscillations ;

5° Si le pendule s'arrête pour une raison quelconque, il est désirable que le circuit soit coupé ;

6° Si l'on réduit l'amplitude des oscillations du pendule, il est désirable que les fermetures successives du circuit continuent à s'effectuer de façon que le pendule reprenne sa marche de lui-même ;

7° Le dispositif de contact doit être robuste, indéréglable, facile à construire et à vérifier ;

8° Il ne doit pas faire un bruit irrégulier désagréable à entendre ;

9° Il doit pouvoir fonctionner pendant très longtemps sans usure nuisible et sans nécessiter de nettoyage ;

Dans la plupart des horloges, le contact électrique est associé au dispositif de commande du mécanisme démultiplicateur actionnant les aiguilles.

Ce dispositif de commande est généralement constitué par un cliquet A articulé sur le pendule faisant tourner une roue à rochets B, comme l'indique la figure 27. Chaque fois que le pendule se déplace dans le sens f, la roue B tourne d'un angle correspondant à une dent.

Un ressort C appelé « sautoir » est muni d'une pièce d tendant à se placer dans l'un des creux du rochet. Lorsque le rochet est actionné, le sautoir se soulève, retombe dans le creux suivant et s'oppose au retour en arrière du rochet B.

Digitized by Google

Le contact électrique peut être pris entre le « sautoir » et un ressort très flexible E disposé à une faible distance de façon qu'il soit soulevé lorsque le rochet est conduit par le cliquet moteur.

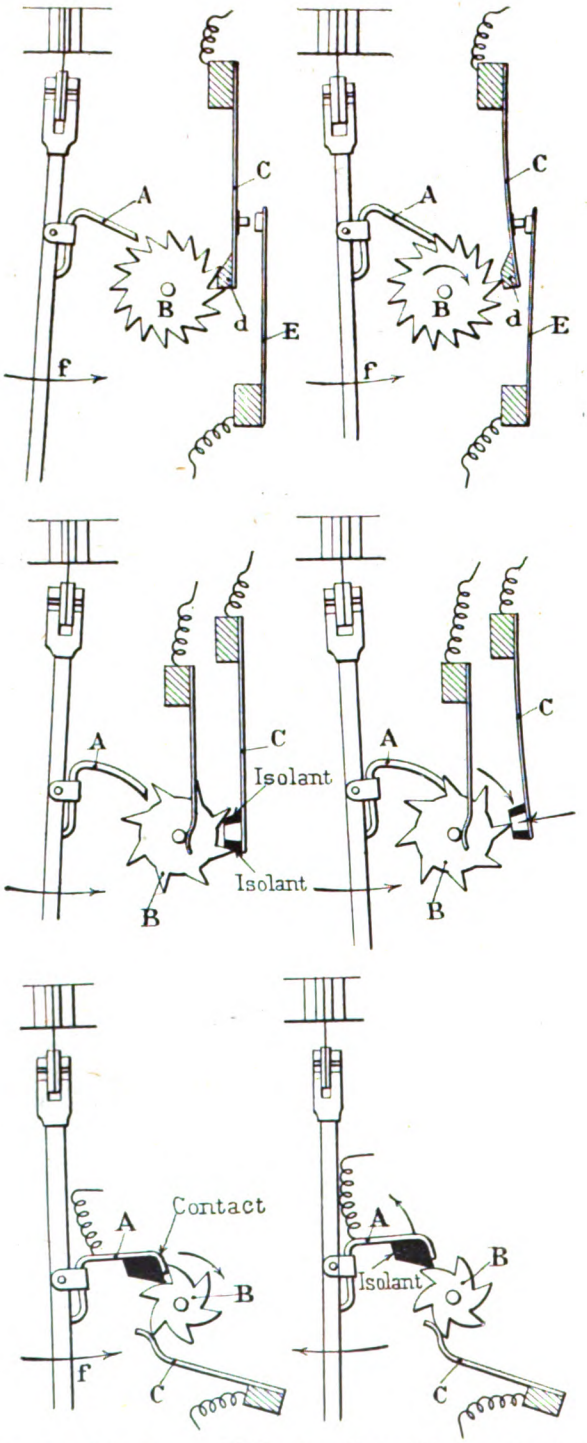


Fig. 27, 28 et 29. — Différents dispositifs montrant le contact électrique associé à la commande du mécanisme démultiplicateur actionnant les aiguilles : Ch. Féry et Favre-Bulle.

Cette disposition est due à M. Féry et elle est décrite dans son brevet n° 313 144 de 1901. On remarquera que l'on peut construire le dispositif pour que l'impulsion se fasse au voisinage immédiat de la verticale et que le cliquet quitte le rochet dans les fins de course (échappement libre).

(Ces conditions sont favorables à la régularité, ainsi que nous l'avons montré § II.)

Ce contact est employé dans les horloges électriques faisant l'objet des brevets français : Verain et Mees, n° 463 072, 1913; Bardon, n° 479 376, 1915; Poncet et Pons, n° 501 313, 1919, etc...

M. Féry a récemment perfectionné la disposition en faisant entrer la roue à rochets dans le circuit et en établissant le contact entre les dents du rochet et le sautoir muni de parties isolantes pour que le contact n'ait lieu que lorsque le rochet avance (brevet Féry n° 523 399, 1920).

La disposition adoptée est représentée figure 28.

M. Féry signale que, dans les horloges munies d'un contact du genre de la figure 27, les contacts se recouvrent d'une poudre noire constituée, en grande partie, par du métal très finement divisé. Cette poudre impalpable s'interpose entre les pièces métalliques amenant le courant et peut finir par constituer une véritable résistance microphonique produisant des perturbations dans la marche de l'horloge. La disposition représentée figure 28 permet d'éviter que les particules de métal détaché et de l'oxyde formé ne s'accumulent sur le contact, car les dents de la roue d'échappement produisent sur ce dernier un balayage continu toujours dans le même sens.

On peut également prendre le contact entre le cliquet moteur et le rochet. Cette disposition représentée figure 29 a fait l'objet de l'addition Moulin-Favre-Bulle, n° 12 710, 1920. Une partie isolante permet d'éviter tout contact électrique au retour du pendule.

Le contact électrique peut également se produire entre une petite palette A articulée sur le pendule et une pièce fixe B venant la toucher chaque fois que le pendule passe par la verticale dans les deux sens. Il faut alors un dispositif accessoire pour que le sens du courant soit inversé à chaque contact ou que le passage du courant soit supprimé pendant les courses retour du pendule.

A cet effet, on peut profiter de la résistance de l'air sur la palette ou de son inertie pour la soulever et éviter le contact lorsqu'elle se déplace dans un sens (contact Lemoine).

On peut aussi munir la palette A ou la pièce B de garnitures isolantes de façon que le circuit électrique ne soit fermé que dans les courses du pendule dans le sens f (brevet Holden n° 417 222, 1910, fig. 30).

On peut aussi obtenir que les contacts aux courses retour du pendule soient extrêmement brefs de façon que les impulsions retardatrices produites par le courant soient négligeables (brevet Holden n° 491 398, 1918).

Nous représentons sur la figure 31 un contact facile

Digitized by Google

à réaliser dans les laboratoires (Bouasse. *Magnétisme et Electricité*, t. II, p. 201).

Nous décrirons également le contact très ingénieux

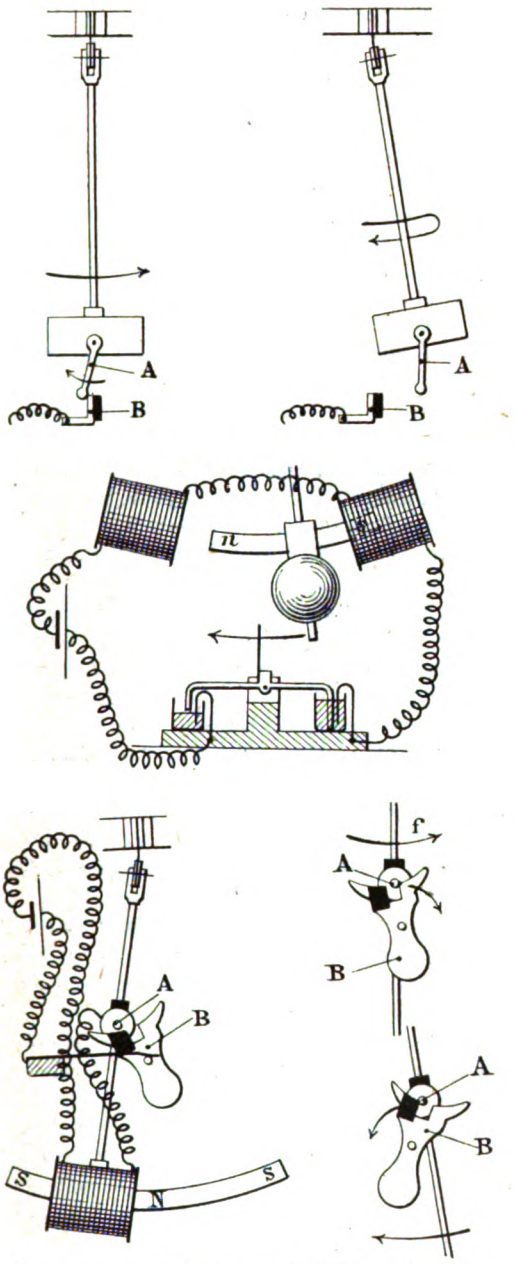


Fig. 30, 31 et 32. — Autres formes d'adaptation du contac électrique au pendule : Holden, Bouasse et Favre-Bulle.

imaginé par M. Favre-Bulle et faisant l'objet de son brevet n° 518 465, 1920.

Ce contact se fait entre une cheville A solidaire du pendule et une pièce B ayant la forme des fourchettes des échappements à ancre de montre (fig. 32). La cheville s'engage dans l'encoche de la fourchette et la déplace alternativement dans les deux sens. L'une des branches de la fourchette est conductrice ; l'autre porte une garniture en matière isolante. De la sorte, le contact électrique n'a lieu que dans les courses du du pendule dans le sens f. Aux fins de courses, le contact est rompu, car la cheville se dégage de la fourchette et le pendule oscille alors librement.

On remarquera que le mode d'action de la cheville permet d'obtenir un excellent nettoyage des surfaces en contact. Les poussières sont parfaitement éliminées. Enfin, les horloges munies de ce contact, lorsque la cheville est d'un diamètre très voisin de l'écartement des branches de la fourchette, présentent la curieuse particularité de se mettre en marche d'elles-mêmes pour peu que les oscillations du pendule soient amorcées.

Les dispositions mécaniqnes que nous venons de décrire permettent d'obtenir des contacts fonctionnant d'une façon satisfaisante. Toutefois, il est indispensable que le système électromagnétique soit convenablement établi pour que l'intensité coupée soit très faible (§ VI, à la fin), car il est bien évident qu'il y aurait lieu de redouter, à la longue, une oxydation des pièces entre lesquelles le courant est rompu. On doit considérer, en effet, qu'il se produit un très grand nombre de ruptures (86 400 par jour pour les balanciers à seconde) et que les horloges doivent pouvoir fonctionner pendant de nombreuses années sans nécessiter d'entretien.

Les propriétés des systèmes électromagnétiques moteurs, dont nous avons donné plus haut une théorie sommaire, permettent de placer le contact dans des conditions particulièrement favorables, en profitant des variations de la vitesse de la bobine et de la possibilité de modifier la forme de la courbe $\varphi = f(x)$ afin que φ varie suivant une loi déterminée.

On conçoit que, dans le cas d'un contact un peu prolongé, on peut établir l'aimant et choisir les points d'ouverture et de fermeture du circuit pour que la force contre-électromotrice d'induction

$$\frac{d\varphi}{dt} = \frac{d\varphi}{dx} \times \frac{dx}{dt}$$

varie pendant la durée du contact, de façon qu'elle soit maximum à l'instant de la rupture.

On peut même régler les valeurs entrant en jeu pour que, à la fin du contact, cette force contre-électromotrice équilibre exactement la force électromotrice de la pile. Dans ces conditions, le courant absorbé varie comme l'indique la figure 33. On se trouvera placé dans les meilleures conditions en coupant le circuit lorsque le courant électrique est déjà nul par suite de la force contre-électromotrice d'induction. Cette condition étant réalisée, il n'y a pas d'étincelle de rupture. On peut ainsi supprimer radicalement toute cause de détérioration provenant du courant électrique.

3. *Mécanisme de commande des aiguilles.* — Cet organe n'est pas autre chose qu'un compteur du nombre des oscillations du pendule. Ce dernier fait, à chaque oscillation, avancer d'un angle constant le premier mobile d'un mécanisme démultiplicateur actionnant les aiguilles.

Digitized by Google

La démultiplication peut, évidemment, être obtenue par un train d'engrenages ordinaires, mais tous les systèmes de compteurs sont susceptibles d'être utilisés, à la seule condition d'exiger pour le fonctionnement une force très faible et aussi régulière que possible. On

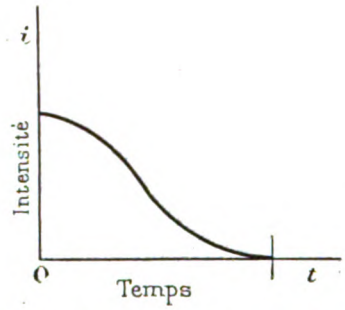


Fig. 33. — Diminution du courant passant par le contact jusqu'à son annulation par la force contre-électromotrice d'induction.

peut, en particulier, obtenir la démultiplication par engrenages discontinus ou par encliquetages, ce qui permet d'avoir entre deux mobiles des rapports de démultiplication plus élevés qu'avec les engrenages ordinaires.

Comme exemples récents de cette disposition, nous citerons le brevet américain Kling Muller n° 239 507, 1917.

On peut également recourir à l'engrenage par vis sans fin et roue hélicoïdale qui permet aussi d'obtenir de grands rapports de démultiplication. Nous décrirons, à titre d'exemple, le mécanisme d'une extrême simplicité faisant l'objet du brevet Favre-Bulle n° 518 465, 1920.

Ce mécanisme, représenté figure 34, comporte essen-

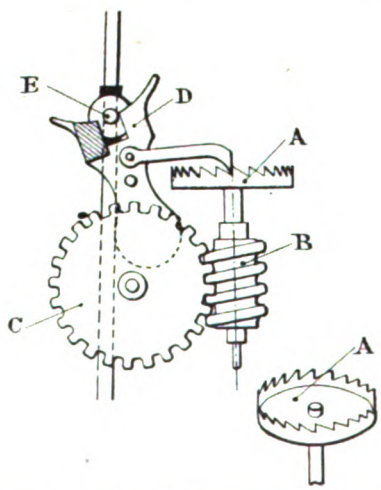


Fig. 34. — Démultiplication par engrenages avec vis sans fin et roue hélicoïdale de Favre-Bulle.

tiellement une roue à rochets A solidaire d'une vis sans fin B à un filet engrenant avec une roue C de 60 dents solidaire de l'axe des aiguilles. Le pendule actionne un cliquet qui fait avancer la roue A de une dent à chaque course du pendule. Le nombre de dents est tel que le rochet fait un tour complet par minute. La roue C exécute donc, un tour par heure. Le cliquet est articulé sur la fourchette D, laquelle est également utilisée pour le contact électrique décrit plus haut (fig. 32). Cette pièce tourne d'un angle constant lorsque le pendule passe au voisinage de la verticale. Ensuite la cheville E se dégage de la fourchette équilibrée D, si bien que celle-ci reste immobile aux extrémités de la courbe du pendule dans les deux sens. Il s'ensuit que l'amplitude des oscillations peut être réduite notamment, sans que la course du cliquet et le fonctionnement du compteur soient modifiés.

Cet avantage n'existe pas lorsque le cliquet est directement articulé sur le pendule et que le rochet possède un grand nombre de dents. Dans ce cas, en effet, la course du cliquet dépend de celle du pendule et il est indispensable que l'amplitude reste sensiblement constante pour que le cliquet se déplace de la quantité convenable pour faire progresser le rochet d'au moins une dent et de moins de deux dents à la fois.

4° *Organes permettant de régulariser la fréquence des oscillations.* — Dans l'établissement des horloges électriques, on peut se conformer aux règles ordinairement observées pour la réalisation des instruments horaires mécaniques (pendule oscillant à une très faible amplitude, impulsions motrices très brèves, lorsque le pendule passe par la verticale). Toutefois, l'observation stricte de ces règles entraîne de sérieux inconvénients dans la réalisation des horloges destinées à l'usage courant. Celles-ci, en effet, doivent avant tout être très robustes et fonctionner malgré les petites imperfections de construction, l'épaississement des huiles, l'affaiblissement de la pile, les trépidations du support, etc...

Or, il est essentiel de remarquer que, dans les horloges du type étudié, le pendule est chargé non seulement de régulariser le mouvement des aiguilles, mais encore de les entraîner. Il faut, par suite, éviter que le travail absorbé par le mécanisme ne nuise à la régularité des oscillations et, pour cela, il est désirable que la commande se fasse au voisinage de la verticale et que le mécanisme soit très bien construit de façon à opposer une résistance aussi faible et aussi constante que possible.

D'autre part, l'influence perturbatrice des variations de cette résistance sera d'autant plus faible que *l'énergie cinétique du pendule sera grande devant l'énergie mécanique absorbée.*

Pour un pendule d'une longueur et d'un poids donnés, il y aura donc intérêt à accroître la vitesse de la masse du pendule et, par suite, *l'amplitude des oscillations.* De la sorte, on évitera également les arrêts qui se produisent lorsque le pendule oscille très faiblement et que le support est soumis à des trépidations. Dans ce cas, en effet, le pendule perd de sa force vive par suite des vibrations du support et son énergie cinétique peut être insuffisante pour vaincre la résistance due à l'entraîne.

Digitized by Google

ment des aiguilles. D'ailleurs, pour certains systèmes d'horloge, l'arrêt peut être produit par une faible réduction de l'amplitude, lorsque le contact cesse de fonctionner quand le cliquet pousse le rochet de moins d'une dent.

Au point de vue de la sûreté de fonctionnement, il est donc désirable que le pendule oscille avec une amplitude relativement grande et que le bon fonctionnement du compteur soit assuré malgré une réduction importante de cette amplitude. Mais alors, si l'on ne prenait pas de précautions particulières, les oscillations cesseraient d'être isochrones, car on sait que l'isochronisme n'est obtenu que pour les faibles arcs et que la période est d'autant plus longue que l'amplitude est plus grande. Les retards totalisés pendant un jour correspondant aux amplitudes 0 jusqu'à 10° sont indiqués sur la courbe de la figure 35. Pour une amplitude de 10°,

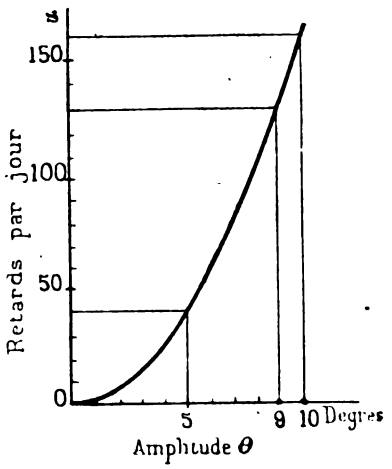


Fig. 35. — Courbe des retards journaliers en fonction de l'amplitude 0 du pendule.

par exemple, une variation dans les impulsions motrices ou retardatrices entraînant une réduction de l'amplitude de 1° amènerait une réduction de la période de 36/100 000 soit de 30 secondes par jour, ce qui serait inacceptable. Fort heureusement, il existe différents moyens permettant d'obvier à ce grave inconvénient. Remarquons, d'ailleurs, que cette même difficulté s'est posée pour les horloges mécaniques dont les pendules peuvent également osciller à amplitude variable par suite des modifications des frottements et de l'état de tension du ressort moteur. Dans ce cas, on a profité de ce que l'échappement (fig. 1, p. 816) modifiait, en général, la loi de variation de la période par rapport à l'amplitude et l'on a pu établir des échappements permettant d'obtenir un isochronisme très approché pour le système *complet* (pendule-échappement) et cela, en s'écartant des conditions permettant d'assurer l'isochronisme du pendule *seul*.

On peut employer des moyens analogues pour les horloges électriques. Considérons, par exemple, une horloge munie d'un contact du genre Féry représenté figure 28 ; si le contact se produit à la verticale, l'entraînement du rochet se fait un peu en avant, ce qui produit un léger accroissement de la période. Cet effet est d'autant plus faible que l'amplitude des oscillations est plus grande. Par suite, lorsqu'on fonctionne à des amplitudes croissantes en faisant varier le courant d'alimentation, la période décroît, puis elle croît ensuite en raison du défaut d'isochronisme du pendule.

La courbe représentative de la période T en fonction de l'angle 0 est représentée sur la figure 36. On aura

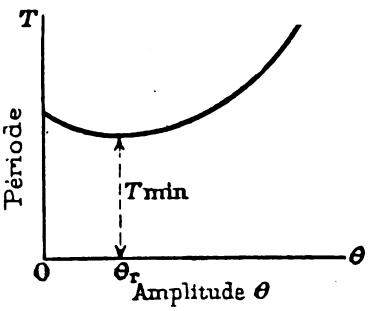


Fig. 36. — Courbe donnant la période T en fonction de l'amplitude 0 du pendule.

intérêt à adopter une amplitude de régime θ_r correspondant au minimum de T de façon que la variation de T soit du second ordre par rapport à θ.

Nous indiquerons également les moyens employés pour régulariser la fréquence dans l'horloge Moulin-Favre-Bulle dont les organes essentiels ont été décrits plus haut. Dans cette horloge, les forces retardatrices et motrices se produisent dans le voisinage de la verticale et le pendule oscille librement comme dans les horloges mécaniques munies d'un échappement libre. Il s'ensuit que la période est à peu près la même que si le pendule oscillait librement sans amortissement. L'équation du mouvement serait alors

$$K\frac{d^2\theta}{dt^2} + Pl\sin\theta = 0.$$

Pour que la période fût indépendante de t, il faudrait que le couple de rappel fût de la forme $C\theta$. Or $Pl\sin\theta$ est approximativement égal à

$$Pl\left(\theta - \frac{\theta^3}{6}\right).$$

On a réalisé l'isochronisme pour des arcs quelconques en ajoutant au couple dû à la pesanteur un couple supplémentaire, nul pour la position d'équilibre et croissant à peu près comme le cube de l'angle 0.

Ce couple supplémentaire est obtenu au moyen du ressort à boudin R dont les extrémités sont articulées, d'une part, en un point fixe A situé sur la verticale passant par le point de suspension et en un point B du pendule (fig. 37).

La composante tangentielle F varie en raison de l'augmentation de l'angle θ et de l'allongement du res-

Digitized by Google

sort et l'on obtient pour le couple dû au ressort, la progression désirable.

L'adjonction de ce ressort confère au pendule la propriété d'osciller à une fréquence constante malgré une réduction de la force électromotrice de la pile pouvant atteindre jusqu'à 50 pour 100.

Comme une variation aussi importante de l'amplitude ne compromet pas le bon fonctionnement du compteur, ni du contact électrique, l'horloge peut être alimentée par une source dont la tension n'a pas besoin d'être constante. On peut utiliser, notamment, une pile du genre Leclanché qui peut faire fonctionner l'horloge pendant de nombreuses années.

Signalons à ce propos tout l'intérêt que présenterait, en électro-horlogerie, la réalisation de piles hermétiques ne s'usant qu'en raison de l'énergie fournie et ne nécessitant pas d'entretien. Les piles courantes de

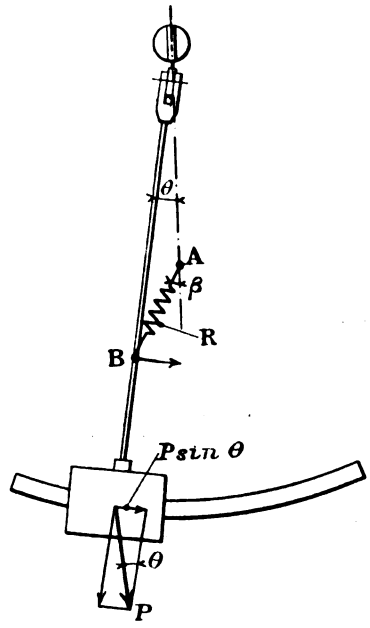


Fig. 37. — Obtention de l'isochronisme des oscillations au moyen d'un couple supplémentaire fourni par le ressort R.

un litre peuvent fournir plus de 50 w-h. La consommation d'une horloge étant d'environ *1 w-h par an*, la durée de fonctionnement au moyen d'une même pile pourrait atteindre une *cinquantaine d'années*. Rien ne s'oppose, théoriquement, à la réalisation de telles piles. Il suffirait que le liquide ne s'évaporât pas et que les produits utilisés ne s'altérassent pas à la longue. Diverses piles actuellement à l'étude semblent d'ailleurs répondre à ces desiderata et il est permis d'espérer que l'on disposera bientôt d'horloges indépendantes, offrant le merveilleux avantage de fonctionner presque indéfiniment sans remontage ni intervention d'aucune sorte comme si le chimérique mouvement perpétuel était réalisé.

B. Horloges électromagnétiques a balancier circulaire. — Les systèmes d'entretien des pendules que nous venons d'examiner sont également applicables au balancier circulaire auquel on doit obligatoirement recourir lorsque l'instrument horaire est mobile (chronomètre pour la marine et les véhicules, montres). Mais, dans ce cas, la réalisation pratique est beaucoup plus difficile et les modes d'entretien électrique entraînent des difficultés particulières dont nous nous bornerons à dire quelques mots.

Dans le cas du balancier circulaire monté sur pivots, on est conduit à réduire considérablement le poids de l'équipage mobile pour diminuer les frottements et les effets des chocs qui pourraient briser les pivots. Le moment d'inertie étant faible, on augmente l'énergie cinétique du balancier en réduisant la période et en augmentant considérablement l'amplitude des oscillations.

Par suite, le système électromagnétique doit permettre une rotation du balancier de 1 tour environ. Il est difficile, dans ces conditions, d'utiliser un système électromagnétique à aimant plongeur. On donne la préférence aux systèmes dans lesquels le pôle d'aimant se déplace devant la bobine, le déplacement étant parallèle au plan des spires.

La nécessité de réduire considérablement le poids du balancier oblige, soit à réduire le poids de l'aimant lorsque celui-ci est fixé sur le balancier, soit le poids de la bobine lorsque c'est celle-ci qui est mobile. Il est donc beaucoup plus difficile d'obtenir un rendement satisfaisant. De toutes façons, l'énergie cinétique est relativement faible et l'influence perturbatrice des frottements est plus grande que dans le cas des pendules.

Enfin, la présence d'aimants au voisinage du spiral réglant entraîne également des difficultés.

Nous nous bornerons à mentionner quelques brevets récents concernant des balanciers circulaires entretenus électriquement : horloge électrique à balancier circulaire Fery, brevet n° 532 885, 1916 ; chronomètre électrique Ch. Pons, brevet n° 501 215, 1919 ; pendulette Holden, addition n° 21 616, 1919.

VIII. **Comparaison entre les horloges électromagnétiques et les horloges mécaniques.** — L'horloge électromagnétique n'offre pas seulement l'avantage de pouvoir fonctionner pendant plusieurs années sans remontage ni entretien. Elle présente également, sur les anciens systèmes mécaniques, une grosse supériorité au point de vue de la simplicité et de la robustesse du mécanisme, ainsi qu'au point de vue de la précision qu'elle permet d'atteindre dans la mesure du temps pour les applications ordinaires (1).

(1) Pour les mesures du temps de très haute précision, les horloges mécaniques construites avec un soin tout particulier et entretenues au moyen d'un couple constant ont donné jusqu'à présent les meilleurs résultats (variations de l'ordre de 1/100 de seconde par jour, précision de 10^{-7}).

On a proposé récemment l'emploi de pendules absolument

Digitized by Google

Nous avons vu que le mécanisme, réduit à un simple compteur du nombre d'oscillations du balancier, pouvait être réalisé beaucoup plus simplement que les mécanismes des horloges courantes. Remarquons que, dans ces compteurs, les organes sont soumis à des forces extrêmement faibles, l'effort maximum étant égal au poids des aiguilles (quelques grammes). Il n'en est pas de même dans les pendules mécaniques, où les axes transmettant l'effort du ressort moteur sont soumis à des forces relativement considérables et où le rouage doit être établi avec un soin particulier, la moindre imperfection amenant un arrêt des aiguilles.

Avec les systèmes électromagnétiques, au contraire, on peut rendre le fonctionnement beaucoup plus sûr, et, même, éviter l'arrêt de l'horloge malgré une augmentation notable des frottements ou malgré les trépidations du support. Ces causes perturbatrices ont pour résultat de faire baisser l'amplitude et, par suite, la force contre-électromotrice d'induction, ce qui amène automatiquement une augmentation du courant d'entretien et des impulsions motrices assurant la continuité du bon fonctionnement.

Enfin, les frottements peuvent être réduits à l'extrême et l'on peut régulariser la fréquence des oscillations au point de mesurer le temps avec une erreur inférieure à 10^{-6} pour les horloges de haute précision et de 10^{-5} pour les horloges destinées à l'usage courant.

IX. **Résumé et conclusion.** — Depuis les débuts de la télégraphie, un très grand nombre de systèmes électriques ont été proposés pour la mesure du temps, mais la plupart d'entre eux ont donné lieu à des mécomptes qui ont jeté un discrédit sur l'horlogerie électrique. Leur mauvais fonctionnement doit être attribué à la complication et à la délicatesse de leurs organes et surtout au fait que, par suite d'erreurs dans la réalisation des dispositifs électromoteurs, leur fonctionnement nécessitait une dépense d'énergie relativement considérable qui amenait rapidement l'épuisement des piles et la détérioration des contacts.

L'horlogerie électrique est entrée dans une voie nouvelle avec le système inventé en 1901 par M. Ch. Féry, système caractérisé par l'emploi d'un pendule entretenu au moyen d'impulsions électromagnétiques s'exerçant directement sur lui à chaque oscillation, le pendule commandant l'interrupteur du circuit électrique ainsi qu'un compteur du nombre des oscillations actionnant les aiguilles indicatrices du temps. Grâce à cette disposition, on a pu réaliser des instruments horaires très simples, dont la consommation est extraordinairement faible, ce qui permet d'augmenter considérablement la durée de la pile et d'éviter la détérioration des contacts.

Cette invention a été le point de départ de nombreux travaux se rapportant aux modes d'obtention des impulsions électromagnétiques, au contact électrique périodique, au mécanisme de commande des aiguilles, ainsi qu'aux moyens propres à maintenir la constance de la fréquence des oscillations malgré les causes perturbatrices pouvant se produire.

Les systèmes créés paraissent encore perfectibles, mais, d'ores et déjà, certaines horloges électriques présentent une supériorité marquée sur les antiques pendules mécaniques. Elles offrent, en effet, le gros avantage de fonctionner au moyen d'une petite pile pendant plusieurs années sans remontage ni intervention d'aucune sorte et, tout en étant plus robustes et d'un fonctionnement plus sûr, elles permettent de mesurer le temps avec une précision meilleure.

Il est donc à prévoir qu'elles se répandront de plus en plus et que l'électricité, qui a déjà transformé tant de techniques anciennes, jouera un rôle prépondérant dans l'industrie horlogère où ses applications sont restées jusqu'à ce jour extrêmement limitées.

Indépendamment de l'intérêt qu'offre le pendule électrique dans ses applications courantes, il y a lieu d'envisager la possibilité d'améliorer les conditions d'établissement de différents appareils intéressant plus particulièrement l'industrie électrique. Parmi ces appareils, nous signalerons :

Les avertisseurs horaires destinés à déclancher à des heures déterminées des signaux acoustiques ou optiques ;

Les allumeurs extincteurs horaires pour l'éclairage public et privé ;

Les appareils pour le contrôle des entrées et sorties du personnel et du travail en série ;

Les mécanismes horaires des enregistreurs divers utilisés dans les centrales et dans les usines pour le contrôle des opérations industrielles ;

Les mécanismes horaires destinés à commander les compteurs *change-tarifs* permettant l'application d'une tarification variable suivant les heures de consommation.

Il est à noter également que l'horloge électrique indépendante pourra contribuer à résoudre certains problèmes actuellement à l'étude concernant l'unification de l'heure en utilisant les réseaux d'énergie et de lumière ou la radiocommunications Dans les systèmes envisagés, il est, en effet, indispensable de disposer d'un mécanisme horaire à fonctionnement indépendant sur lequel opère de temps en temps un dispositif de remise à l'heure mis en action par des signaux envoyés dans les canalisations par la centrale, ou par des signaux de radiotélégraphie. Il est bien évident que, dans ces applications particulières, l'emploi de mécanismes horaires électriques sera des plus avantageux.

Marius Lavet,
Ingénieur A. et M. et E. S. E.

libres comme systèmes garde-temps. (Voir Le Rolland. *Annales de Physique*, mars-avril 1922).

Grâce à la télégraphie sans fil le nombre d'étalons très précis dont on a besoin est extrêmement limité.

Digitized by Google

Sur l'électrification des chemins de fer aux Pays-Bas

On trouvera dans cet article quelques indications relatives aux projets d'électrification des chemins de fer hollandais. Il existe déjà une ligne électrique à courant monophasé de La Haye à Rotterdam, doublant la ligne à vapeur. Le réseau à électrifier actuellement est celui qui relie Rotterdam à Amsterdam en passant par La Haye. La commission nommée par le gouvernement hollandais pour étudier les conditions de cette installation a opté pour le courant continu à 3 000 v sur le fil de travail et 1 500 v aux bornes des moteurs ; ces conclusions sont conformes à celles de la Commission française pour l'Electrification des Chemins de fer. Un entrefilet de l' « Elektrotechnische Zeitschrift », du 12 octobre dernier nous apprend que les Bergmann-Elektricitats-Werke A. G. ont déjà reçu la commande pour l'équipement de la voie entre La Haye et Leyde, y compris celui des stations elles-mêmes. Le fil de travail sera supporté par une ligne caténaire sur poteaux espacés de 75 m en moyenne et sera tendue automatiquement par des contrepoids. Espérons que l'Administration des Chemins de fer hollandais n'oubliera pas l'industrie française qui, en prévision de nos propres besoins, a particulièrement étudié le matériel de traction pour 3 000-1 500 v.

Les raisons qui poussent à électrifier des réseaux ferrés sont généralement des fonctions de la situation géographique de ces réseaux, de la densité de la population desservie, du prix du combustible et des exigences du commerce et de l'industrie.

Pour bien comprendre et suivre les raisonnements à propos de pays étrangers, il est donc nécessaire de rappeler brièvement les données énumérées ci-dessus, qui leur sont propres et qui donneront une compréhension plus facile de ce qui va suivre.

Les Pays-Bas ont une superficie de 34 190 km² (France 551 000 km² ≃ 16 fois celle de la Hollande).

Cette différence est nettement mise en évidence par les cartes de la figure 1 où l'on a projeté la surface de la Hollande sur celle de la France en faisant coïncider Amsterdam avec Paris.

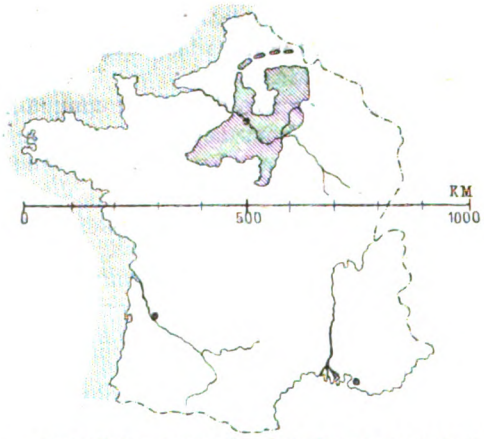


Fig. 1. — Superficies comparées de la France et de la Hollande Amsterdam et Paris étant amenés en coïncidence.

La population totale des Pays-Bas est de 7 millions d'habitants (celle de la France 41 millions ≃ 6 fois celle de la Hollande).

La figure 2 nous donne une vue d'ensemble de la situation des principales agglomérations.

Un cercle dont le centre se trouve dans la province de la Hollande méridionale et dont le rayon est de 50 km embrasse une population de 2,3 millions d'habitants avec quatre villes importantes, ayant ensemble

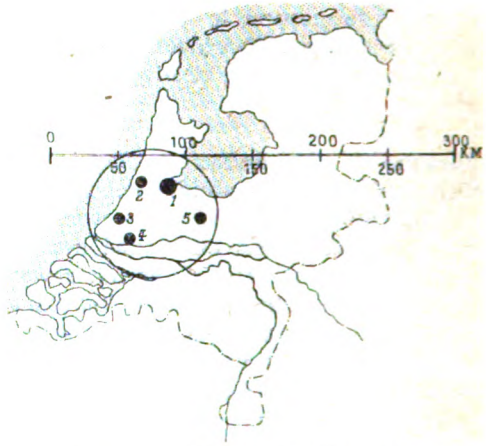


Fig. 2. — Carte de la Hollande avec indication des agglomérations les plus importantes.

1,75 million d'habitants. C'est un peu plus, en superficie, que les départements de la Seine et de Seine-et-Oise (6 140 km² contre 7 600 km²) avec 4,9 millions d'habitants contre 2,3 millions en Hollande.

Le problème est donc comparable à celui de l'électrification des chemins de fer autour de Paris, avec cette différence, que la population est plus également répartie en Hollande.

Le trafic principal se trouve entre Rotterdam, La Haye et Amsterdam ; c'est cette ligne qui vient en premier lieu en considération pour la traction électrique. Nous en donnons le tracé actuel sur la figure 3. Comme nous le voyons, cette ligne a une longueur totale de 84 km. Elle traverse, d'un bout à l'autre, une région dont le sol est à un niveau inférieur à celui de la mer et dont le sous-sol est extrêmement mou. Les grands

Digitized by Google

express ne s'arrêtent qu'à la Haye et, avant la guerre, le trajet nécessitait un peu plus d'une heure.

La densité du trafic n'était pas la même sur toute l'étendue de ce parcours; elle était particulièrement importante entre Rotterdam et La Haye (Scheveningue) de sorte que l'on se trouva bientôt dans la nécessité ou de doubler la capacité de la voie ou de construire une autre ligne. On se décida pour la dernière solution, et c'est ainsi que fut construite la ligne directe Rotterdam-La Haye-Scheveningue à traction électrique. Ce n'est donc pas une ligne électrifiée, mais un chemin de fer électrique dès son début. Sa longueur est de 28,3 km;

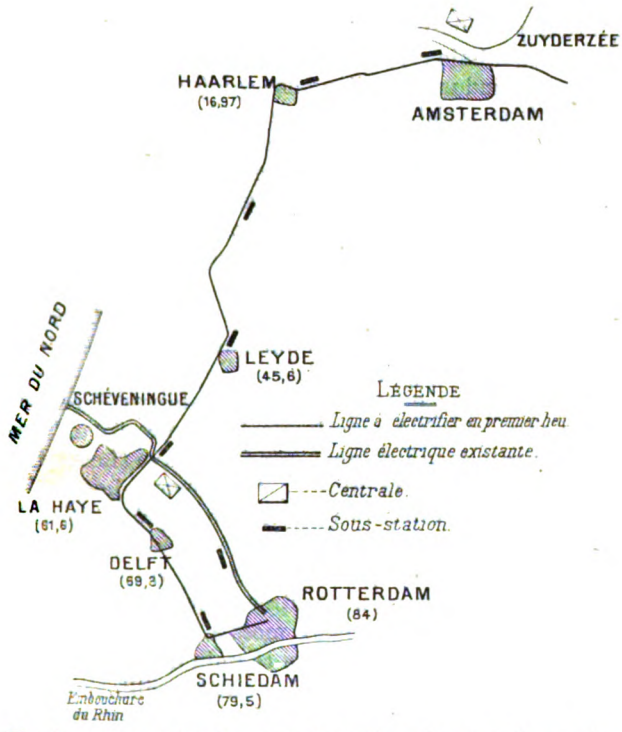


Fig. 3. — Tracé des lignes à électrifier. Les nombres entre parenthèses indiquent les distances à partir d'Amsterdam, en kilomètres.

on utilise du courant monophasé à 10 000 v, obtenu par des générateurs triphasés avec connexion Scott pour les transformateurs. La traction est réalisée par voitures automotrices, un train étant composé de cinq wagons, dont deux automotrices, disposées symétriquement, c'est-à-dire l'une à l'avant et l'autre à l'arrière du train.

L'électrification donna un tel essor au trafic que le nombre des voyageurs qui était de 2,4 millions (en 1910 (date de l'inauguration, 1908) s'est élevé à 3,5 millions en 1913 et à 5,8 millions en 1921.

Ce résultat est d'autant plus remarquable que le trafic général avait subi un ralentissement par suite de la guerre et des tarifs excessifs. En 1916, le nombre des voyageurs était de 80 millions; en 1920, il tombait à 54 millions, soit une diminution de 32 pour 100.

En 1916, la moyenne des prix payés par voyageur était de 2 fr (1), et en 1921, 6 fr.

Quoiqu'il ne soit pas tout à fait juste de comparer une ligne électrique d'une assez faible étendue à trafic très dense avec une ligne à vapeur cent fois plus longue et à densité de trafic très variée, nous obtenons néanmoins des chiffres qui donnent à réfléchir:

Longueur totale des lignes exploitées à traction à vapeur, 3 659 km;

Longueur totale des lignes exploitées à traction électrique, 33,5 km;

Frais d'exploitation par kilomètre parcouru à traction à vapeur, en 1913, 5,35 fr; en 1920, 24 fr; à traction électrique, en 1913, 2,65 fr; en 1920, 8,95 fr.

L'électrification de la totalité des voies ferrées des Pays-Bas coûterait environ 2 milliards de francs. Les deux principales compagnies de chemin de fer consommaient, en 1913, 800 000 t de charbon, sur 10 millions de consommation totale.

Comme la Hollande ne possède point de houille blanche, elle pourra économiser tout au plus 40 pour 100 du charbon nécessaire aux chemins de fer, c'est-à-dire 320 000 t sur 10 millions, environ 3 pour 100 sur la consommation globale. C'est donc bien peu et insuffisant pour justifier l'électrification.

Afin d'éviter toute discussion au sujet de l'opportunité, et uniquement pour être renseignée sur le côté technique de la question, la Direction de la Société des Chemins de fer hollandais posa à une commission de trois membres les questions suivantes :

Etant admis que la traction électrique permet une exploitation plus favorable que la traction à vapeur sur les lignes Amsterdam-La Haye et Amsterdam-Amersfoort,

1° Quel sera l'horaire futur?

2° Gardera-t-on partiellement la traction à vapeur?

3° Comment se fera le trafic des marchandises?

4° Quelle composition auront les trains futurs : locomotives ou motrices?

5° Quel système de courant appliquera-t-on, et d'où viendra ce courant, centrale propre ou non?

6° Quelles sont les modifications à apporter aux gares et à la voie?

Sans vouloir entrer dans les détails de la réponse, nous retiendrons seulement que cette commission recommanda le courant monophasé à 15 000 v et 16 2/3 p : s.

Elle croyait plus favorable de ne point construire de centrales spéciales, mais de se brancher sur les centrales existant à Amsterdam et La Haye.

Toutefois, avant de prendre des décisions, qui devaient influer, pour de longues années, sur le libre développement des voies ferrées, la direction de la Compagnie, d'accord avec le ministre des Eaux (celui-ci ayant les chemins de fer sous son contrôle), nommait une autre commission pour visiter différents pays étrangers. La mission de cette commission était de faire

(1) Dans toutes ces évaluations, nous avons pris 1 florin = 5 fr.

Digitized by Google

un rapport sur l'électrification des chemins de fer à l'étranger et d'émettre son avis sur le système à choisir aux Pays-Bas en tenant compte de l'intention de doter le pays d'un réseau électrique général. — Cette commission était composée de sept membres ; elle visita les Etats-Unis d'Amérique, l'Allemagne, la Suisse, la France, etc.

Ses conclusions ont été tout autres que celles de la première. Nous en reproduisons les points saillants.

« Il n'est pas recommandable de construire des centrales spéciales pour les chemins de fer ; ceux-ci devront brancher leurs réseaux sur les centrales prévues pour l'électrification générale.

» Le système triphasé pour usage direct ne peut pas entrer en ligne de compte. Reste le choix entre le courant monophasé et le courant continu.

» Les moteurs monophasés ont leur meilleur rendement à très basse fréquence. Ceci se trouve en opposition avec les besoins des autres consommateurs. Il faudra donc avoir recours à des transformateurs de fréquence ; mais, comme ces transformateurs sont des machines rotatives, le courant monophasé perd tous ses avantages, car c'est justement à l'absence de ces machines qu'il doit sa préférence.

» La Commission a pu se convaincre par des exemples pris en Amérique que le courant continu à haute tension donne les meilleurs résultats ».

Elle cite des exploitations qui peuvent se comparer avec la situation en Hollande, et dont le fonctionnement a toujours été satisfaisant.

Il ne faut pas oublier que, toutes choses égales d'ailleurs, le moteur à courant continu ainsi que la dynamo à courant continu sont des machines d'un volume et d'un poids inférieur à ceux des machines monophasées de même capacité, et que le générateur et le moteur monophasés sont des machines très mal utilisées au point de vue du cuivre et de la tôle.

La Commission a été également d'avis que le courant continu cause beaucoup moins de perturbations dans les lignes téléphoniques et télégraphiques que le système à courant monophasé. — Les moyens de protection efficaces contre les perturbations du courant alternatif sont très coûteux, et pas toujours applicables en Hollande.

En ce qui concerne les usines de production elles-mêmes, l'infériorité du courant monophasé est encore plus marquée.

Pour obtenir 16 2/3 p : s, il ne faut pas que les turbines tournent à plus de 1 000 t : mn, ce qui limite la puissance des unités à 6000 où 8000 kw, si l'on veut éviter de trop grandes dimensions.

Si nous admettons par contre 50 p : s, alors les unités peuvent tourner à 3 000 t : mn et il est alors facile de réaliser des unités de 15 000 kw, ce qui est beaucoup plus avantageux.

La tranformation du courant triphasé 50 p : s en courant continu a fait de grands progrès. Bien que les groupes convertisseurs aient un rendement très satisfaisant, néanmoins la solution par redresseurs à vapeur de mercure semble la plus économique. — Des sous-stations entièrement automatiques ont jusqu'ici fonctionné sans incident en Amérique. — Il reste vrai, que la sous-station par transformateur statique pour le système monophasé est moins coûteux à tous les points de vue, mais la différence tend à diminuer et n'atteint guère aujourd'hui plus de 10 pour 100.

La Commission a trouvé, comme autre grand avantage, que l'industrie hollandaise serait plus à même de fournir le matériel nécessaire pour l'équipement à courant continu, que celui pour courant monophasé. Pour le commencement, on ne pourra pas, cependant, se passer de la collaboration étrangère.

L'électrification du premier tronçon indiqué sur la figure 3 se fera donc en courant continu à 1 500 v, avec des trains à deux motrices.

Chaque motrice aura 4 moteurs de 200 ch et pèsera environ 14 t. Le poids total d'un train sera de 242 t et la vitesse en palier, 95 km : h.

Le tronçon en question sera alimenté par deux centrales : une sise à Amsterdam qui fournira 60 millions de kilowatts-heure et une près de la Haye (Leidschendam) qui fournira 10 millions de kilowatts-heure.

Une fois cette électrification terminée, grâce à laquelle on aura acquis une certaine expérience et formé un personnel compétent, il sera possible de prendre une décision relativement aux autres lignes.

Il nous reste encore deux mots à dire sur les plans d'électrification des lignes de chemin de fer aux Indes néerlandaises. — Ces colonies ont 47 millions d'habitants et une superficie de 2 030 000 km², c'est-à-dire environ 4 fois celle de la France. C'est surtout l'île de Java qui possède un réseau ferré admirable de 4 230 km : c'est plus que la métropole, car la longueur totale des chemins de fer aux Pays-Bas n'est que de 3677 km.

Comme Java possède d'importantes chutes d'eau et de longs parcours, il est donc probable que, pour l'électrification des voies ferrées aux Indes néerlandaises, d'autres points de vue seront à considérer et que l'on adoptera vraisemblablement le système monophasé.

L.-G. Stoknis.
Docteur-ingénieur.

Digitized by Google

Revues, analyses et informations

Les appareils de protection pour turboalternateurs (1).

Dans cet article, qui est extrait d'un rapport lu devant l' « Institution of Electrical Engineers », l'auteur examine, tout d'abord, les principales causes des courts-circuits qui prennent naissance dans les alternateurs et discute les principales méthodes employées actuellement pour les éviter. Il expose ensuite un dispositif qui lui semble offrir plus de sécurité que les précédentes et termine par une discussion sur les interrupteurs automatiques et sur les moyens propres à éteindre un commencement d'incendie.

La majorité des accidents dans les turboalternateurs proviennent, soit d'un défaut entre spires dans le stator, soit d'un défaut entre phases du stator, soit d'une mise à la terre du stator, soit d'un court-circuit ou d'une mise à la terre de l'enroulement du rotor. Les accidents les plus sérieux ont lieu généralement entre têtes de bobines dont l'isolement diminue peu à peu par suite des effets de condensation, des corrosions et des poussières. Une mise à la terre dans les encoches se rencontre rarement lorsque les conducteurs sont logés à l'intérieur d'une gaine en mica, mais cela arrive néanmoins dans de vieilles machines. La plupart des accidents du rotor proviennent d'une coupure des conducteurs par suite de l'action de la force centrifuge sur les têtes de bobines ou de l'emploi de matériaux combustibles. On peut remédier, d'une façon générale, à tous ces défauts : 1° par une construction soignée et robuste et 2° par une bonne ventilation. Il est à noter que très peu de troubles sont dus à l'élévation de température.

L'emploi de bobines de réactance internes et externes réduit considérablement les effets dus aux courts-circuits extérieurs. Toutefois, il est encore préférable de ramener instantanément l'excitation à une très faible valeur par l'emploi d'un régulateur limiteur d'intensité. Le relais le plus employé pour la protection d'un turbo-alternateur est actuellement le relais Merz-Price. Malheureusement, ce relais est sans action dans le cas d'un défaut dû à un court-circuit entre spires d'une même phase ; de plus, en cas de court-circuit ou de fortes surcharges, on observe un déréglage de tout le système qui rend, par la suite, la protection tout à fait illusoire.

Un système de protection qui semble donner plus de sécurité est indiqué schématiquement par la figure 1.

L'alternateur est désigné par les lettres A, B, C, D et est prévu avec des connexions en E, F, G, qui sont les milieux de chaque phase. Des transformateurs de potentiel sont connectés en parallèle avec chaque phase et sont prévus également avec des prises de courant en M, N, O. Les points milieux de l'alternateur et des transformateurs sont connectés ensemble comme l'indique le schéma. Des transformateurs d'intensité C_1, C_2, C_3 sont disposés sur les conducteurs communs et actionnent directement les relais d_1, d_2, d_3. Quand l'alternateur fonctionne normalement, aucun courant ne circule à travers les transformateurs d'intensité Si, au contraire, un défaut apparaît entre spires d'une même phase, par exemple en KL, le nombre de spires actives entre A et E est réduit et, par suite, un courant prend naissance dans C_2 et le relais d_3 fonctionne. De même, le relais fonctionnerait également s'il se produisait un court-circuit entre phases ou une mise à la terre. Tel que le schéma est présenté, l'alternateur n'est pas protégé contre les courts-circuits extérieurs, par exemple, sur les câbles de liaison. On peut néanmoins obtenir une bonne protection dans le cas de câbles armés en utilisant l'armature métallique de ces câbles eux-mêmes. Un excellent moyen de protection consiste à introduire brusquement une forte résis-

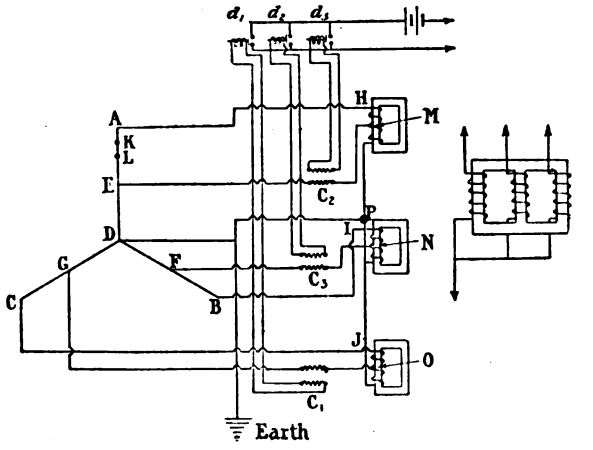


Fig. 1.

tance dans le circuit d'excitation de l'excitatrice dès que l'intensité dans le stator atteint une certaine valeur.

Toutefois, il est important de se rappeler que le courant d'excitation met un temps relativement grand pour atteindre une valeur plus petite : par exemple, pour un alternateur de 8900 kv-a. deux pôles, une diminution de 10 pour 100 du courant d'excitation ne peut être réalisée qu'au bout de 11 secondes ; pour un alternateur de 23500 kv-a, cette durée ira jusqu'à 30 secondes et même une minute. Il est cependant nécessaire, en cas de court-circuit, que la tension aux bornes diminue le plus rapidement possible. Le remède consiste à employer une très forte résistance de décharge, mais il peut en résulter un autre inconvénient, car l'introduction brusque d'une telle résistance est capable d'engendrer une forte surtension et il peut s'ensuivre un claquage du rotor. Si, comme cela a lieu habituellement, la résistance de décharge est égale à la résistance des inducteurs, la surtension est égale à la tension normale d'excitation, c'est-à-dire que la tension aux bornes du rotor devient deux fois la tension normale ; si l'on emploie, par exemple, une résistance égale à dix-neuf fois la résistance des inducteurs, la surtension théorique sera dix-neuf fois la tension normale, d'où certainement un claquage du rotor. Il y a lieu de considérer, d'autre part, l'effet d'amortissement dû aux circuits fermés constitués par les cales d'encoches et le corps du rotor lui même. L'effet de ces courants inductifs est de réduire la surtension due à la forte résistance de décharge ; mais, par contre, ils augmentent considérablement la durée de la

(1) J.-A. Kuyser. *Journal of the Institution of Electrical Engineers*, juillet 1922, t. LX, p. 761-790, 23000 mots, 25 fig ; *Electrician*, 5 mai 1922, t. LXXXVIII, p. 531-534, 8000 mots, 1 fig.

Digitized by Google

décharge. ce qui est à éviter. Le circuit d'amortissement peut être assimilé à un enroulement séparé court-circuité sur lui-même et disposé de la même façon que l'enroulement réel, même nombre de tours, mêmes encoches.

Si la résistance du champ principal est représentée par R_f, la valeur ohmique de la résistance de décharge par R_r et la résistance équivalente du circuit d'amortissement par R_d. la résistance équivalente R_c des deux circuits combinés se déduire de

$$\frac{1}{R_c} = \frac{1}{R_f + R_r} + \frac{1}{R_d}.$$

Cette résistance R_d détermine le courant de décharge et la surtension; on peut l'obtenir expérimentalement en réalisant deux décharges avec des valeurs différentes pour R_r et en enregistrant la courbe représentant la variation du courant ou de la tension en fonction du temps. Par exemple, dans un cas où R_r égalait 30 R_f, un effet d'amortissement équivalent à une résistance de décharge de trente-huit fois la résistance du rotor fut enregistré et une surtension égale à vingt-cinq fois la tension normale d'excitation fut également enregistrée. Cette surtension était inférieure à celle qui aurait dû se produire d'après les considérations établies précédemment, car l'interrupteur de champ placé dans le circuit d'excitation de l'alternateur était à rupture lente. Une autre méthode, très employée, consiste à agir sur l'excitation de l'excitatrice; cette méthode a l'avantage d'être moins onéreuse. Une troisième méthode, qui sert à limiter l'intensité dans le stator, consiste à disposer un inverseur de champ dans l'excitation de l'excitatrice, de façon que le courant d'excitation de l'excitatrice puisse changer de sens. Cette méthode a uniquement l'avantage de détruire le flux rémanent de l'excitatrice en utilisant une source auxiliaire pour exciter l'excitatrice; il n'y a aucune difficulté à renverser le sens d'excitation dans l'alternateur et de diminuer considérablement la durée de la décharge. L'interrupteur de champ est généralement déclanché : 1° au moyen d'un commutateur spécial placé sur le pupitre : 2° par un contact qui s'établit au moment de l'ouverture de l'interrupteur à huile : 3° par des relais Merz-Price ou autres

Un point important signalé par l'auteur concerne les surtensions dans le rotor dues aux effets d'induction par suite d'un trouble dans le stator. Pour y remédier, il propose d'installer entre les bagues du rotor des relais spéciaux. Des expériences faites par l'auteur sur une machine ayant un rotor très robuste ont montré que ces surtensions étaient inférieures à celles qui sont produites par suite de l'ouverture de l'interrupteur de champ. Il y a donc lieu de ne pas les considérer comme très dangereuses. L'emploi le plus efficace pour lutter contre un incendie dans l'alternateur est de prévoir sur la circulation d'air des volets qui puissent être fermés instantanément au moyen de relais et de solénoïdes et qui empêchent ainsi toute arrivée d'air. On peut également prévoir la circulation d'air en circuit fermé. Un extrait de la discussion qui s'est produite à la suite de ce rapport termine l'article. — G. L.

Choix d'un système de traction électrique pour les grandes lignes de chemin de fer (1).

Après la guerre, des commissions ont été chargées, dans différents pays, d'étudier les plus importantes installations de traction électrique en service ou en construction. Les commissions française et anglaise trouvèrent que le courant continu à 3 000 v (ensuite réduit à 1 500 v) était le plus avantageux pour leurs pays.

Comme, depuis dix ans, le courant monophasé a toujours été employé pour la traction électrique sur les grandes lignes, l'auteur de l'article recherche si, dans ces dix années d'expérience, le système monophasé a donné tout ce que l'on attendait de lui et dans quels cas un autre système serait plus avantageux.

Dans ce but, le point de vue technique plutôt que le point de vue économique sera principalement considéré quoique, dans quelques cas, les deux soient inséparables.

1. Différence de potentiel entre les conducteurs d'amenée et de départ du courant. — Cette question est importante au point de vue de l'isolement.

Pour ne pas avoir de courants trop intenses, on ne peut accepter les basses tensions de 600 à 800 v (peu dangereuses, à isolement facile) employées pour les lignes de tramways Comme un contact peut déjà être mortel avec une tension de 1 500 v, il n'y a pas d'intérêt, relativement à la sécurité, à préférer cette tension à une autre plus élevée.

Le problème se réduit donc à la question purement technique d'un isolement suffisant pour les différentes parties de l'installation.

a) *Le conducteur.* — Il peut être définitivement admis qu'il n'est pas plus difficile d'obtenir un isolement sûr avec 15 000 v qu'avec une tension dix fois moindre.

Actuellement, les lignes de 15 000 à 16 000 v sont courantes et c'est seulement avec des tensions de 80 000 v et au-dessus que des troubles peuvent être redoutés. Il faut évidemment un personnel spécialement entraîné pour l'entretien, mais ceci est également vrai pour de plus basses tensions.

Dans ce dernier cas, par suite des courants plus intenses, il faut un plus grand nombre de conducteurs, ce qui augmente les frais d'installation et d'entretien.

Un autre point à considérer est la possibilité et les dangers d'un court-circuit. L'expérience a montré qu'avec un courant monophasé à 15 000 v, protégé par des disjoncteurs à maximum rapides, solides, il est très rare que des accidents sérieux, tels que la destruction des conducteurs, soient occasionnés par des courts-circuits.

b) *Matériel roulant.* — Ici la tension doit être réduite à la tension nominale entre les bornes des moteurs d'entraînement. Les moteurs à courant continu peuvent être construits pour 1 500 v par moteur, et l'emploi du courant continu sous 3 000 v (la plus forte tension employée) est basée sur deux moteurs à 1 500 v, 3 à 1 000 v ou 4 à 750 v en série. Le choix de la tension est donc très limité.

Avec le courant monophasé, les moteurs série employés travaillent avec des tensions de 600 à 800 v; un transformateur est placé sur la locomotive.

Avec le courant triphasé, le choix de la tension est beaucoup plus élastique, mais ce système n'est pas en faveur, sauf sur certaines lignes italiennes où les moteurs asynchrones sont directement actionnés à 3 000 v.

La nécessité d'un transformateur est un désavantage pour le courant monophasé, mais il a une grande importance pour la régulation de la vitesse.

Au début, quelques troubles furent occasionnés par un isolement insuffisant des enroulements haute tension des transformateurs, mais on a actuellement remédié à ces défauts, comme le montre la statistique suivante du chemin de fer du Loetschberg.

(1) L. Thormann. *Engineering*, 7, 14 et 21 juillet 1922, t. cxiv, p. 1-3, 35-36 85-84, 9500 mots.

Digitized by Google

Tableau I.

Nombre d'accidents par an	1913 6 mois	1914	1915	1916	1917	1918	1919
Ligne de contact à l'air.....	30	54	13	12	17	13	11
Ligne de contact sous tunnel.	180	163	43	13	9	4	8
Transformateurs de la locomotive.....	16	17	6	6	4	1	3

II. Locomotives et voitures motrices. — Les courants continu, mono et triphasé peuvent être employés dans tous les cas sans qu'il y ait de sérieux avantages pour l'un ou l'autre système. Théoriquement, le courant monophasé serait un peu moins bon par suite de la nécessité de l'emploi d'un transformateur qui ajoute ses pertes, mais il y a des compensations (régulation de la vitesse, démarrage économique).

Pour les automotrices, la difficulté provient de l'espace trop réduit disponible. Sur les voies de gabarit normal, il n'est pas possible d'obtenir une puissance de plus de 200 à 250 ch par essieu avec le système monophasé et des puissances supérieures de moitié avec les autres systèmes.

Pour les trajets courts, il est désirable de n'utiliser que des tensions plus basses ne dépassant jamais 1 500 v sur la ligne de contact, mais ces parties sont relativement peu importantes et, pour étudier la question, il faut surtout s'occuper des besoins du trafic à longue distance et, autant que possible, rendre son matériel roulant applicable également sur les réseaux à basse tension ; celle-ci sera, par exemple, un sous-multiple de la première et on pourra la répartir entre plusieurs moteurs couplés en série.

Au point de vue économique, l'auteur indique que d'après les nombreuses statistiques déjà publiées à ce sujet, à puissance et vitesse comparables, les motrices à courant triphasé sont les plus économiques, mais qu'en dépit de la complication du transformateur les motrices à courant monophasé ne sont pas d'un prix de revient supérieur à celui des motrices à courant continu et l'expérience, pour autant qu'on puisse en faire en la matière, a montré que les dépenses d'entretien étaient sensiblement les mêmes pour les deux systèmes.

III. Rendement des systèmes. — Le tableau suivant donne les rendements pour le courant continu produit par du triphasé, pour le courant monophasé direct, ou produit également par du triphasé.

Tableau II.

	Continu 3 000 v produit par triphasé		Courant monophasé 15 000 v	
			direct	produit par triphasé
Locomotive.....	0,80 / 0,90 } 0,72		0,76 / 0,92 } 0,70	0,76 / 0,92 } 0,70
Ligne de contact				
Groupe convertisseur.....	0,78			0,80
Double transformateur.....	0,90		0,91	0,91
Transmission ...	0,94		0,94	0,94
Total global.	0,475		0,60	0,48

Si l'on remplace le groupe convertisseur pour courant continu par des commutatrices, ou des redresseurs à vapeur de mercure, le rendement total devient sensiblement le même pour les courants continu et monophasé.

IV. Distribution de l'énergie. — Dans les systèmes où l'on désire utiliser le courant continu à 3 000 v, il est nécessaire de transformer et de convertir l'énergie primaire, tandis que cette double transformation devient inutile avec le courant monophasé à 15 000 v ; il suffit d'un transformateur.

Il est aussi nécessaire de tenir compte du nombre de points d'alimentation des conducteurs aériens et des sections de ces conducteurs ainsi que des longueurs possibles pour une chute de tension admise.

Or le système continu 3 000 v demande environ 3 ou 4 fois plus de points d'alimentation que le système monophasé 15 000 v, pour une même section du conducteur.

L'augmentation des frais d'installation pour le courant continu est donc considérable ; les dépenses nécessitées par les stations de groupes convertisseurs sont encore plus élevées.

En somme, les frais d'installation sont beaucoup plus faibles quand l'énergie est transmise directement par courant monophasé et même quand elle est transmise par courant triphasé et transformée en monophasé, quoique, dans ce cas, l'économie soit moins considérable.

V. Génération et transmission. — Pour le courant continu, une seule solution : génération et transmission en courant triphasé. Pour le courant monophasé, la solution la plus économique est la génération et la transmission sous la forme première, tant que la distance ne dépasse pas 50 à 60 km : mais pour des trajets supérieurs, il faudra élever la tension primaire. Ceci est possible si l'usine est construite spécialement pour les besoins de la traction ; si elle est grande et doit subvenir à d'autres besoins, il est commode de diviser en groupes spéciaux, qui assureront indépendamment les uns des autres les deux services, mais on ne peut jamais coupler les deux lignes en parallèle. Si l'usine est faible, un système uniforme de génération et de transmission (triphasé) est préférable.

VI. Perturbations sur les lignes télégraphiques et téléphoniques. — Il est nécessaire de déplacer les lignes télégraphiques et téléphoniques pour leur substituer le réseau aérien.

Les troubles occasionnés sont dus aux courants à la terre et aux phénomènes d'inductions statique et dynamique. Avec le courant continu à 3 000 v, les effets dynamiques seuls sont à craindre surtout au moment du démarrage. Avec le courant monophasé, les deux effets d'induction sont dangereux et il faut prendre certaines précautions. On se prémunira contre les phénomènes d'induction dynamique et statique et contre les courants vagabonds, en utilisant un circuit métallique, c'est-à-dire avec fils d'aller et de retour, croisés à des intervalles déterminés. Pour l'induction statique seule, il suffira d'éloigner la ligne de signalisation à 50 ou 60 m de la ligne de travail, ou même moins, mais, alors, il conviendra d'établir un fil dans lequel on entretiendra une force contre-électromotrice pour compenser l'induction ; ou bien on devra utiliser des câbles sous plomb. L'induction dynamique se combat le mieux par l'emploi d'un troisième rail pour le retour du courant de traction et par une répartition judicieuse des points d'alimentation.

L'auteur conclut qu'au point de vue technique les deux systèmes se valent ; mais qu'au point de vue économique le capital engagé dans l'installation avec le courant continu sera considérablement plus élevé que dans l'autre cas, et que, par conséquent, le système par courant monophasé semble être la solution à préconiser. — P. E.

Digitized by Google

Considérations sur le développement des puissantes unités et des grandes entreprises électriques (1).

M. R. Werner, directeur de la Société Siemens-Schuckert, a déclaré, dans sa communication à l'Association Electrotechnique, qu'il voulait, en évitant toute considération scientifique, se borner à faire un historique rapide du développement des puissantes unités et des grandes entreprises électriques pendant ces dernières années. Dans la période d'avant guerre, de 1905 à 1914, la puissance unitaire des machines passa de 3 000 kw à 5 000 et 10 000 kw et atteignit 15 000 kw. Pendant la guerre, la demande pressante d'énergie électrique engagea une entreprise à prévoir, d'abord quatre groupes de 25 000 kv-a. Une entrevue avec le constructeur lui permet d'envisager deux groupes de 50 000 kv-a dont la réalisation, tant au point de vue mécanique qu'électrique, n'offrait aucune difficulté particulière. Elle se décida finalement à commander deux turbines de 50 000 kw et deux alternateurs de 60 000 kv-a. Au point de vue théorique, 60 000 kv-a ne représentent pas la puissance unitaire maximum que la technique moderne permet d'atteindre. Un projet à l'étude envisage, pour fournir une puissance totale de 1 000 000 kv-a, 6 unités de 160 000 kv-a. Le tableau suivant montre les caractéristiques des divers alternateurs de grande puissance :

puissance, en kv-a	150 000	60 000	20 000	
vitesse, en t : mn	$n = 1\,000$	$n = 100$	$n = 3\,000$	$n = 1\,000$
Diamètre du rotor... m	2,70	3,25	0,9	1,4
Longueur du rotor... m	4,60	3,00	2,0	2,0
Diamètre d'encombrement ..... m	5,60	4,80	2,7	3,7
Distance entre paliers..	8,64	6,60	4,9	4,3
Puissance massique en kilovolt-ampère par kilogramme	3,75	4,2	4,0	4,4

Mais la réalisation de ces puissantes unités reste subordonnée à l'adoption de très hautes tensions pour la transmission bien supérieures à 100 000 v et à la résolution des difficultés pratiques de l'interconnexion des différents réseaux. Aussi doit-on noter qu'un secteur est revenu à la puissance unitaire de 20 000 kv-a qu'il avait adoptée depuis longtemps. Les transformateurs divers ont subi une évolution parallèle à celle des générateurs. Pendant la guerre, la société Siemens-Schuckert Werke construisit une commutatrice de 5 000 kw à 5 · 5 v, 214 t : mn, pesant 54 t. Les groupes hydroélectriques suivirent le même mouvement. Pendant la guerre, la cherté du charbon poussa à aménager des chutes. On ne regardait plus si le kilowatt obtenu dans une usine thermique coûtait quelques centièmes de pfennig de moins que dans une usine hydraulique, on ne visait qu'au développement intensif de la puissance disponible. On commença trop tard ces grandes entreprises que la fin de la guerre, la révolution et une paix difficile empêchèrent de mener à bien. L'on croit généralement que l'utilisation de la houille blanche résoudra la crise du charbon. Il n'en est pas ainsi, car la puissance hydraulique que l'on pourrait pratiquement utiliser ne permettrait d'économiser que 2 pour 100 de la consommation totale en charbon. Malgré tout, il est souhaitable que l'on utilise au moins toute celle dont l'exploitation est industriellement possible. On est peut-être effrayé des frais considérables de premier établissement que demande la création d'une usine hydraulique : mais il faut bien voir que, tandis qu'une usine thermique demande des réparations incessantes, doit être amortie rapidement et consomme un combustible coûteux, l'usine hydraulique, bien construite, ne réclame qu'un simple entretien, est d'une durée encore indéterminée (plusieurs siècles peut-être) et ne demande presque aucun frais d'exploitation. Les groupes générateurs hydrauliques atteignent, eux aussi, des puissances unitaires considérables. En Norvège, une usine comporte six groupes de 12 000 kv-a chacun et un de 15 000 kv-a. Un projet prévoit l'emploi de groupes de 30 000 et 50 000 kv-a. Une station génératrice de traction possède 4 alternateurs monophasés de 11 500 kv-a. Une autre usine dispose de 7 machines à courant continu de 6 375 kw. Les transformateurs ont eu leur puissance accrue dans la même proportion. La puissance unitaire de 60 000 kv-a est courante, pour la tension de 110 kv. Les réseaux ont dû alors être capables de transmettre l'énergie à de grandes distances et l'on fut conduit, dès 1912, à envisager des tensions de service de 100 000 v. La réussite de leur réalisation a, depuis cinq ans, engagé les sociétés à construire des usines de plus en plus puissantes et à les réunir entre elles pour que la fourniture du courant ne soit pas empêchée par la défaillance de l'une. Ces vastes entreprises, intéressantes par la perfection de leur nouveau matériel qui permet d'atteindre des prix de revient du kilowatt-heure inconnus jusqu'à maintenant, sont malheureusement grevées par les taxes fiscales qui n'atteignent pas les petits secteurs de moins de 5 000 kw, travaillant presque toujours avec un mauvais équipement. — B. H.

(1) R. Werner. *E. T. Z.*, 4 mai 1912, t. XLIII, p. 624-627, 7 fig.

Le tarage des moulinets servant à la mesure du débit des cours d'eau (1).

Cette opération est faite d'une façon courante à la station, établie dans ce but en 1913 aux Ponts-Jumeaux, situés au port de l'Embouchure, à Toulouse. Cette station est rattachée

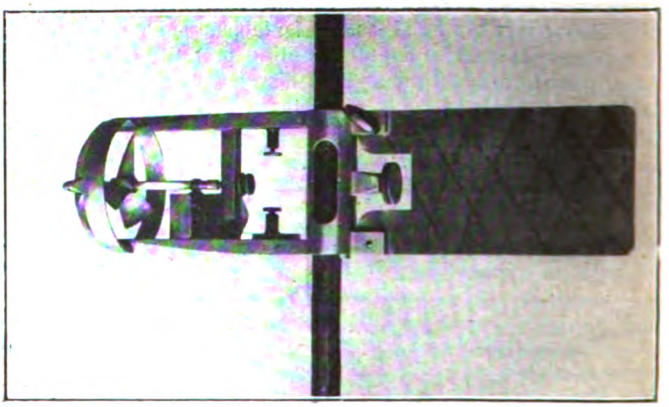


Fig. 1.

(1) G. Sentenac. *La Station de tarage des Moulinets des Ponts-Jumeaux, à Toulouse* : une brochure, format 26 cm × 17,5 cm, 10 p., annexée à la publication du Service des grandes Forces hydrauliques, région du Sud-Ouest, t. VII, fascicule E 2 (bassin de l'Aude).

Digitized by Google

à l'Université de Toulouse ; c'est là que sont tarés les appareils utilisés dans les Services des Forces hydrauliques.

Moulinets (fig. 1). — Le modèle employé dans ces services se compose d'une hélice de forme spéciale, solidaire d'un axe monté sur un roulement à billes. Cet axe engrène par vis sans fin avec une roue dentée dont un tour complet correspond, en général, à 50 ou à 25 tours de l'hélice. Une

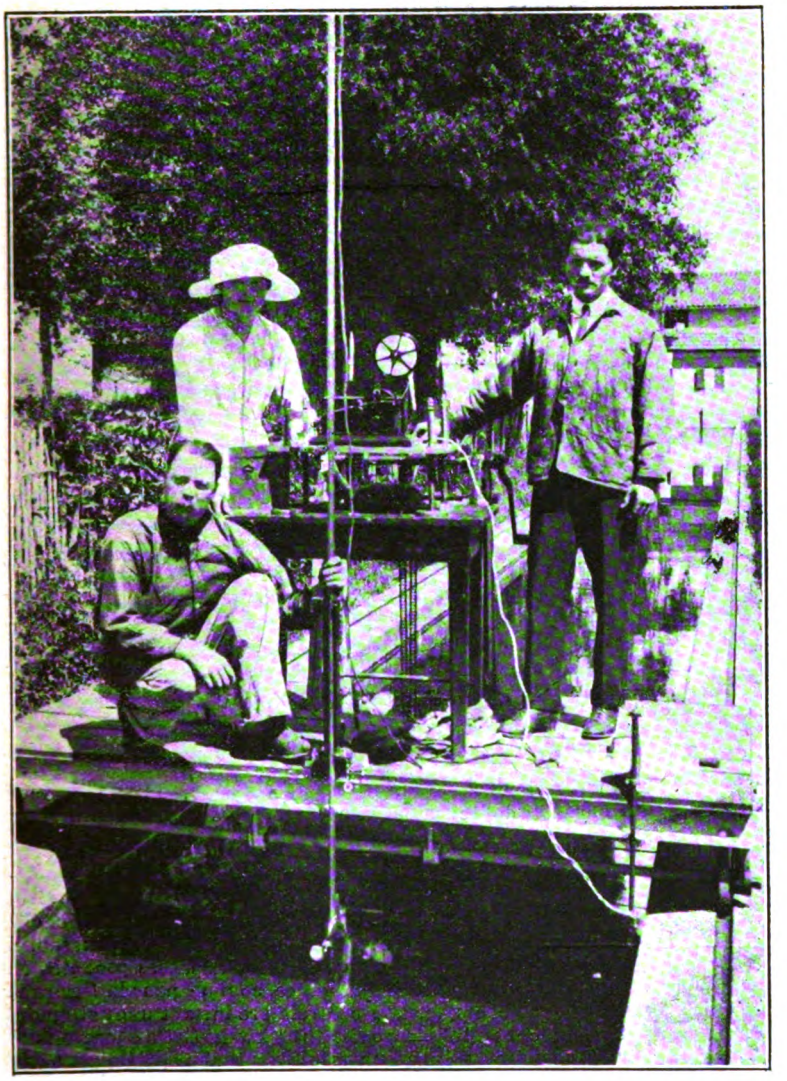


Fig. 2.

came portée par la roue dentée établit, à chaque tour de celle-ci un contact électrique, ce qui actionne une sonnerie et permet de connaître le nombre de tours n que fait l'hélice en une seconde. On en déduit la vitesse de l'eau v par une relation linéaire pratiquement exacte

$$v = a + bn$$

a et b sont des coefficients constants. Leur détermination constitue le tarage de l'appareil.

Principe de la méthode. — On déplace le moulinet d'un mouvement rectiligne et uniforme, dans une masse d'eau immobile. On répète l'opération ponr différentes vitesses v en mesurant chaque fois n. Ou trace la courbe des vitesses en fonction des nombres de tours ; cette courbe est pratiquement une droite qui permet de déterminer très facilement a et b.

Description de la station et des appareils. — La station comprend un canal de 75 m de long, 2 m de largeur et 1 m de profondeur. Une plate-forme roulante, mise en marche par un système d'engrenages, se déplace sur rails au-dessus de ce canal. Cette plate-forme (fig. 2) porte en avant le moulinet étudié que l'on peut immerger à une profondeur variable. Les appareils servant aux mesures sont disposés sur cette plate-forme avec interposition d'une suspension élastique.

L'enregistrement simultané et automatique de la distance parcourue par le chariot, du nombre de tours et du temps se fait à l'aide du « chronographe » que l'on voit très bien sur cette figure et qui n'est autre qu'un appareil enregistreur à trois styles mus par des électroaimants.

Le premier de ceux-ci est manœuvré par une lame d'acier flexible formant contact électrique et venant rencontrer, pendant le déplacement du chariot des tiges scellées à égale distance (2 m) tout le long d'une paroi du canal.

Le deuxième électroaimant est commandé par un pendule dont l'échappement est solidaire d'une tige plongeant dans un bain de mercure ; il enregistre ainsi des intervalles de temps d'une demi-seconde.

Le troisième est commandé par le moulinet lui-même ; il est donc relatif à la mesure de n.

La figure 3 donne un exemple de l'enregistrement ainsi obtenu, qui permet avec un

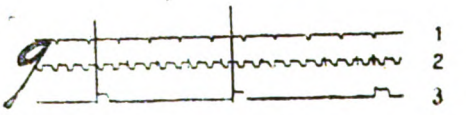


Fig. 3.

certain nombre d'expériences de construire $v = f(n)$ et d'en déduire les constantes cherchées.

Cet exposé est suivi, dans le travail original, de quelques détails sur les vérifications à faire et les précautions à prendre pour une mesure, d'une évaluation des erreurs et des résultats du tarage de l'un de ces moulinets. — B. E.

L'influence du facteur de puissance sur le prix de l'énergie électrique (1).

L'énergie déwattée ne nécessite pour sa production aucune énergie réelle ; par contre, elle diminue l'utilisation du matériel installé. Il est donc nécessaire, pour étudier l'influence du facteur de puissance sur le prix de l'énergie, de

(1) Rudolf Wielman. *Elektrotechnische Zeitschrift*, 2 mars 1922, t. XLIII, p. 270-273, 5 000 mots, 4 fig.

Digitized by Google

décomposer les dépenses d'exploitation en dépenses proportionnelles à l'énergie produite (combustible, etc.) et dépenses fixes (charges de capital, etc.). ces dernières seules étant dépendantes du facteur de puissance.

Les dépenses fixes sont indépendantes du coefficient d'utilisation annuel de la centrale et peuvent être graphiquement représentées en fonction de ce dernier par un arc de cercle dont le rayon constant représente les dépenses fixes (fig. 1). Elles sont, d'autre part, comme la puissance

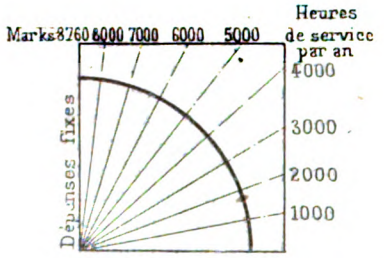


Fig. 1. — Les dépenses fixes sont indépendantes du coefficient d'utilisation.

installée, inversement proportionnelles, au facteur de puissance. La représentation graphique précédente s'applique à

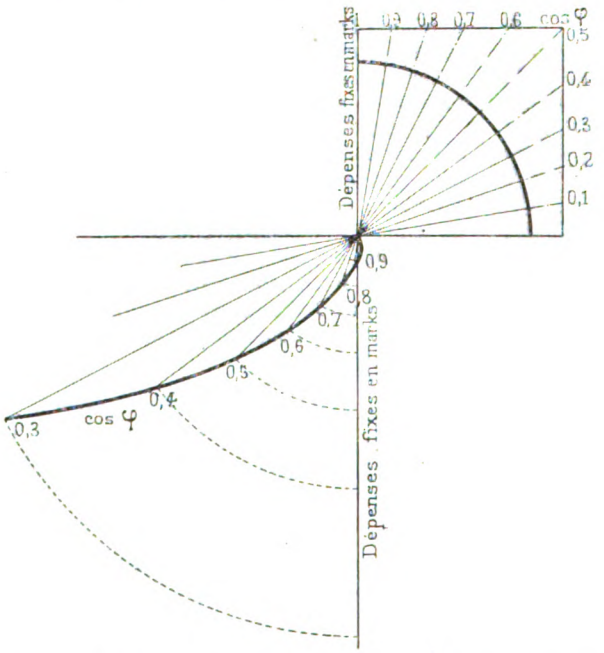


Fig. 2. — Dépenses fixes en fonction du facteur de puissance.

la détermination des dépenses fixes en fonction du facteur de puissance en prolongeant les rayons du quart de cercle (correspondant aux différents facteurs de puissance) au delà de l'origine d'une longueur proportionnelle à l'accroissement des dépenses fixes (fig. 2). On obtient une courbe, comme lieu des extrémités des prolongements, et les longueurs des rayons vecteurs compris entre cette courbe et le quart de cercle représentent les dépenses fixes pour les différents facteurs de puissance.

Pour obtenir les dépenses totales, il faut ajouter aux dépenses fixes les dépenses variables lesquelles dépendent du coefficient d'utilisation annuel.

En appliquant la méthode graphique précédente, on obtient, en fonction du coefficient d'utilisation annuel, la spirale ACP (fig. 3) pour laquelle on a supposé que, dans le cas

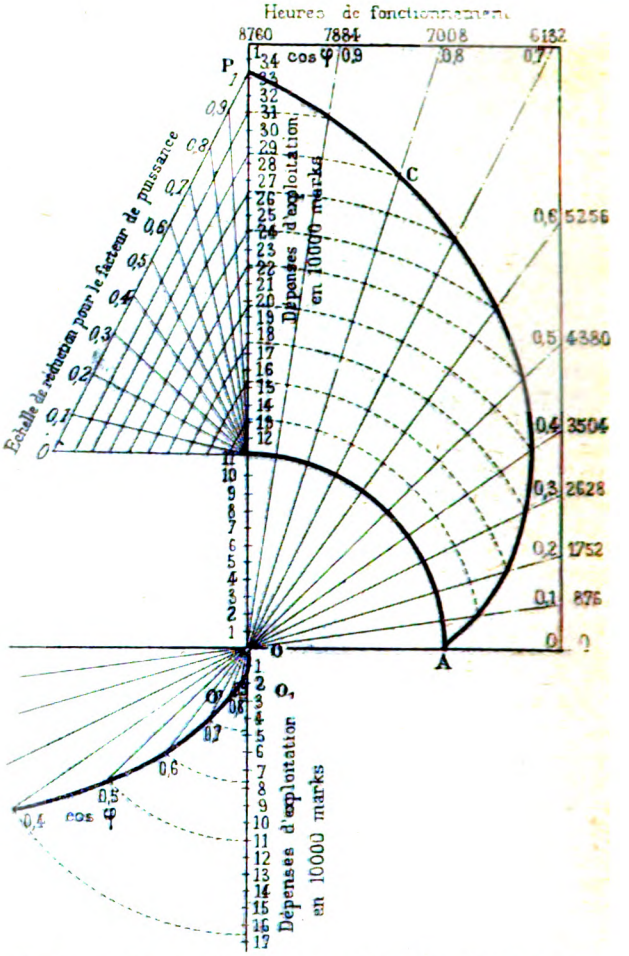


Fig. 3. — Dépenses fixes et proportionnelles d'exploitation en fonction du facteur de puissance et du coefficient d'utilisation

de l'utilisation annuelle maximum (8760 heures), les dépenses fixes et variables représentent respectivement 1/3 et 2/3 des dépenses totales. Si l'on porte, à la même échelle que le coefficient d'utilisation, le facteur de puissance, cette spirale détermine également les dépenses globales en fonction du facteur de puissance comme pour la figure 2.

Soit, par exemple, une centrale produisant annuellement $8760 \times 0{,}8 \times 10^n = 7008 \times 10^n$ kw-h. Cette énergie peut correspondre soit à un coefficient d'utilisation de 0,8 (7008 heures-an) avec un facteur de puissance unité, soit à un coefficient d'utilisation unité (8760 heures-an) avec un facteur de puissance 0,8. Dans le premier cas, les dépenses totales sont représentées par OB = OC ; dans le deuxième cas, par $O_1B = O'C$. L'accroissement de dépenses dû à la diminution du facteur de puissance est donc représenté par OO_1.

La méthode permet ainsi, dans chaque cas particulier, de déterminer les variations de tarifs suivant les facteurs de puissance. Les résultats qu'elle donne correspondent très sensiblement avec ceux obtenus par les méthodes habituellement en usage en Allemagne et en Amérique. Les tarifications présentent, d'ailleurs, d'assez grandes différences entre ces deux pays, différences provenant de ce que les dépenses fixes sont proportionnellement plus réduites en Allemagne qu'aux Etats-Unis. — A. B.

Digitized by Google

SECTION ÉCONOMIQUE & FINANCIÈRE

Assemblées générales

Compagnie française des Câbles télégraphiques.

ASSEMBLÉE GÉNÉRALE ORDINAIRE DU 18 SEPTEMBRE 1922.

Bien que les comptes de la société aient été transmis à l'Administration à la date du 1er juin, ils n'ont pas encore été renvoyés avec l'approbation réglementaire. Pour ne pas retarder l'assemblée, la société a pris la décision de soumettre le bilan et les comptes des recettes et des dépenses tels qu'ils ont été adressés à l'Administration.

Durant l'exercice, elle a continué à exploiter le câble Brest-Açores-New-York. Les négociations au sujet de l'attribution définitive des anciens câbles allemands continuent à se poursuivre entre les gouvernements des puissances alliées et associées.

Les recettes de trafic ont atteint, au cours de l'exercice, 19962068,22 fr, en diminution de 3908 336,90 fr par rapport à celles de l'exercice 1920.

Depuis le 11 août 1921, en exécution d'une loi du 23 juillet 1921, une taxe additionnelle de 80 pour 100 a été appliquée au trafic télégraphique international en provenance de France ou transitant par la France. Cette taxe additionnelle a été également appliquée au départ des colonies françaises. Le supplément de recettes qui en est résulté n'a pas compensé la diminution due à la dépression du trafic causée par la situation économique mondiale, ainsi qu'à l'emploi de plus en plus répandu du langage codé qui réduit le nombre des mots à transporter.

Nous devons ajouter que cette dépression du trafic s'est maintenue jusqu'à présent, en 1922. Toutefois, la taxe additionnelle de 80 pour 100 a été portée à 100 pour 100 depuis le 11 mai dernier, sauf en ce qui concerne le trafic échangé entre la France et les colonies françaises, pour lequel la taxe de 80 pour 100 a été maintenue. D'autre part, les réparations des ruptures, malheureusement inévitables, des câbles, et qui ont été nombreuses dans la présente année, ont entraîné des dépenses très élevées.

Les dividendes touchés au titre de l'exercice 1920 par la compagnie en 1921, du fait des 9725 actions et des 5000 parts qu'elle possédait dans la Compagnie générale de Télégraphie sans Fil, se sont élevés à 393668,85 fr, qui figurent dans les produits de l'exercice 1921.

Le nombre des actions de cette société, dont la compagnie est propriétaire, ayant été porté l'année dernière de 9725 à 19292, le total des dividendes touchés en 1922 s'est élevé à 769176,86 fr.

D'autre part, la compagnie « Radio-France », au capital de 60 millions de francs, auquel la compagnie a souscrit dans une proportion de 20 pour 100, a été définitivement constituée le 27 juin 1921. Ses services ont été organisés et la station de Sainte-Assise a été construite. L'exploitation, commencée d'abord avec les pays européens, et notamment avec l'Angleterre, a été ouverte avec l'Amérique le 7 août dernier.

D'importants travaux ont été réalisés en vue de moderniser les procédés d'exploitation par câbles télégraphiques et accroître ainsi le rendement.

C'est ainsi que la maison du câble à Deolen, près de Brest, a été aménagée en station de relais, et qu'une petite usine électrique a été édifiée à côté de la maison principale pour fournir le courant nécessaire au relayage des signaux, au fonctionnement des moteurs et vibrateurs des appareils locaux et aussi à l'éclairage des bureaux et habitations. Les deux câbles transatlantiques de la Compagnie Brest-Saint-Pierre et Brest-Cap-Cod sont maintenant travaillés à leur atterrissage; la transmission automatique se fait de Brest et est reproduite sur les câbles par relais installés à Deolen. Grâce à de nouvelles prises de terre établies au large, et qui ont permis d'éliminer certains courants parasites, la sécurité de réception des signaux s'est trouvée grandement accrue.

On a pu ainsi équiper en duplex dans des conditions favorables le câble Brest-Saint-Pierre et son annexe Saint-Pierre-Cap-Cod, et il en est résulté un notable accroissement du rendement pratique de cette communication. Ces résultats très encourageants conduisent à envisager, pour un avenir prochain, le même mode de travail sur le câble Brest-Cap-Cod.

La compagnie a fait rentrer en France son navire-câblier « Pouyer-Quertier », habituellement stationné aux Antilles, pour y subir une refonte complète qui lui a permis d'obtenir à nouveau pour ce navire la première cote du Bureau Veritas. La compagnie va avoir ainsi à sa disposition un excellent bâtiment pour une période encore longue.

Bien que le fait n'intéresse pas l'exercice 1921, le Conseil signale que la compagnie, en vue de développer son trafic britannique, a ouvert un nouveau bureau à Liverpool le 24 juillet dernier.

Ce bureau, qui est installé dans les bâtiments de la Bourse de Liverpool, est relié directement à la station de Brest par une ligne souterraine, prolongée par l'un des deux câbles qu'elle possède entre l'Angleterre et la France.

Pour compléter les mesures déjà prises en vue d'assurer une retraite au personnel de la compagnie, celle-ci a décidé d'affilier à la Caisse nationale des retraites pour la vieillesse les employés auxiliaires utilisés dans les bureaux du siège social en versant annuellement à cette caisse 10 pour 100 des salaires fixes de chacun des employés de cette catégorie ayant plus d'un an de service.

Les bénéfices, suivant les chiffres de la compagnie, ont atteint 10096005,25 fr, dont il faut déduire 5 pour 100 pour la réserve légale.

Il reste 8631204,99 fr, dont la moitié est prélevée pour l'amortissement anticipé des obligations 3,5 pour 100.

Sur le solde, il est prélevé 489072,30 fr pour tantièmes du Conseil; un dividende de 37,69 fr aux 96000 actions; un dividende de 78,90 fr par part première série sur 8360 parts; un dividende de 6,04 fr par part deuxième série sur 84177 parts.

Digitized by Google

Il reste à reporter 1 428,97 fr, y compris le report de 1920 qui était de 1 171,85 fr.

Les divers dividendes sont payables depuis le 25 septembre 1922, sous déduction des impôts, contre remise du coupon n° 12 pour les actions, le coupon n° 11 ayant été détaché pour l'exercice du droit de souscription à la dernière augmentation du capital.

BILAN AU 31 DÉCEMBRE 1921.

Actif.

	fr
Compte de premier établissement	54 756 186,07
Vapeur « Pouyer-Quertier »	725 346,05
Vapeur « Edouard-Jéramec »	1 503 781,54
Immeubles	134 716,65
Mobilier stations	1 »
Mobilier Paris	1 »
Câbles en stock et en construction et matières provenant de câbles dépouillés	4 359 924,23
Matériel de câble (filins, bouées, grappins, etc.)	653 051,90
Prime de remboursement et frais d'émission des obligations	2 833 900,18
Espèces en caisse et chez les banquiers en France et à l'étranger	13 185 896,45
Valeurs en portefeuille	31 064 514,29
Fonds de prévision	8 507 605,29
Fonds de garantie	2 000 000 »
Avoir de la Caisse de retraites du personnel (siège social et stations)	3 974 540,47
Avoir de la Caisse de retraite et de prévoyance du personnel marin	74 688,23
Effets à recevoir	139 000 »
Débiteurs divers	10 322 782,52
Cautionnement du câble transatlantique	202 650 »
Impôts à recouvrer sur actions et obligations	593 507,66
Comptes divers d'ordre et d'attente	904 079,11
	136 034 172,64

Passif.

	fr
Capital-actions	24 000 000 »
Capital-obligations	26 781 500 »
Réserve par suite d'émission d'actions nouvelles	3 360 000 »
Réserve par suite d'amortissement des obligations	22 180 030,53
Réserve pour amortissements divers	2 237 656,66
Réserve créée en vue de l'amortissement du matériel naval	835 013,17
Réserve légale	2 026 825,62
Réserve pour le fonds de prévision	8 507 605,29
Réserve constituée en prévision de réparations des câbles reliant l'île de Curaçao	273 227,94
Réserve pour la Caisse de retraites du personnel (siège social et stations)	3 974 540,47
Réserve pour la Caisse de retraites et de prévoyance du personnel marin	74 688,23
Provisions diverses	7 828 285,94
Effets à payer	1 040 »
Coupons à payer et obligations à rembourser ou à racheter	8 816 270,29
Créditeurs divers :	
Cautionnements	51 729,95
Fournisseurs divers	14 571 303,74
Comptes divers d'ordre et d'attente	418 275,71
Profits et pertes :	
Report de l'exercice 1920	1 171,85
Solde créditeur de l'exercice 1921	10 096 005,25
	136 034 172,64

Société française Gardy.

ASSEMBLÉE GÉNÉRALE ORDINAIRE DU 30 SEPTEMBRE 1922.

L'exercice 1921-1922 s'est ressenti de l'instabilité économique. Aussi, la plupart des projets ébauchés durant les mois qui ont suivi l'armistice ont-ils été reportés à un moment où les capitaux se montreront plus disposés à s'employer et, de ce fait, les stocks constitués après la guerre ont pesé sur le marché et amené une baisse de prix, tout en raréfiant les ordres passés aux constructeurs. Cette situation défavorable semble se modifier à l'heure actuelle et certains indices laissent présumer que la société se trouve à la fin de la période de dépression qui a été la conséquence des événements qui se sont déroulés à la suite de la guerre.

Les résultats de l'exploitation se sont naturellement ressentis des circonstances générales qui n'ont pas permis à la société de recueillir un ensemble de commandes correspondant à sa puissance de production et, par conséquent, à ses immobilisations. Elle a cherché à étendre ses services commerciaux et elle a, en particulier, créé dans les principales villes de France des dépôts qui permettront à sa clientèle de s'approvisionner avec facilité.

Elle a développé ses ateliers d'appareillage à haute tension et recueilli, dans cette branche d'activité, des ordres intéressants.

D'une façon générale, la situation industrielle est restée stable et la société est bien placée pour profiter de la reprise des affaires, dès que celle-ci se manifestera.

La situation financière de la société a retenu l'attention du Conseil qui désirerait pouvoir consolider ses dettes; il soumettra à cet égard une proposition aussitôt que le moment apparaîtra comme favorable.

Le bénéfice industriel brut s'élève à 1 345 353,42 fr auquel s'ajoutent : le report de l'exercice précédent, 26 918,55 fr; le montant des locations des immeubles, déduction faite des frais, 6 645,80 fr; le revenu du portefeuille, 16 332,20 fr. Soit au total 1 395 249,97 fr, duquel il faut déduire les frais généraux, 604 726,02 fr, les intérêts divers et moins-value du portefeuille, 481 557,17 fr.

Le bénéfice net est de 308 966,78 fr.

Sur ce solde, il est prélevé les amortissements statutaires : 3 pour 100 sur bâtiments, 3 pour 100 sur immeubles divers, 10 pour 100 sur machines, matériel, 10 pour 100 sur petit outillage, 15 pour 100 sur mobilier, soit 257 938,30 fr.

Il reste 51 028,48 fr sur lesquels il est versé 5 pour 100 à la réserve légale.

Le reste, 48 477,06 fr, est reporté à nouveau.

BILAN AU 31 MARS 1922

Actif.

	fr
Caisse	4 608,35
Banques	653 458,13
Débiteurs divers	1 620 009,42
Titres en portefeuille	487 400 »
Marchandises en stock (Argenteuil, Esternay)	9 433 956,71
Terrains	217 488,65
Bâtiments	1 374 545,85
Outillage, machines, matériel, moules, mobilier	897 497,33
Fours	1 »
Immeubles divers	229 782,30
Frais de premier établissement	Mémoire
	14 918 837,14

Passif.

	fr
Capital	5 000 000 »
Réserve légale	100 000 »
— spéciale	100 000 »
— pour débiteurs douteux	150 000 »
— pour impôts de guerre	134 850,45
— pour œuvres en faveur du personnel	50 000 »
Appareillage Gardy S. A., Genève (francs suisses 1 442 148,90), réserve de change et effets à payer	8 117 543 »
Fournisseurs et comptes courants	952 421,91
Profits et pertes. Bénéfice net	308 966,78
	14 918 837,14

Digitized by Google

SECTION DE LÉGISLATION

Législation, jurisprudence, réglementation

Proposition de loi concernant les conseils de métiers, les chambres de métiers, l'apprentissage, l'enseignement technique, industriel et commercial.

Cette proposition a été déposée à la Chambre des Députés à la deuxième séance du 30 juin 1922. Voici ce qui est publié à son sujet dans le « Journal officiel » du 17 octobre 1922, pages 1 360 à 1 362 des « Documents parlementaires, Chambre ».

Exposé des motifs.

Messieurs, pour tirer tous les fruits de sa victoire, la France a besoin d'accroître considérablement la puissance de sa production. Il faut que nos ouvriers travaillent mieux et plus vite, que nous augmentions, par conséquent, leur capacité productive par une instruction professionnelle intelligemment partagée entre la théorie et la pratique, entre le cours professionnel et le travail à l'atelier.

Peu à peu, grâce aux efforts du sous-secrétaire d'Etat de l'enseignement technique et du groupe parlementaire de l'apprentissage et de l'enseignement professionnel, la loi du 25 juillet 1919 entre en application ; des cours professionnels obligatoires pour apprentis du commerce et de l'industrie se créent, qui complètent l'apprentissage à l'atelier.

Mais, pour donner les résultats que nous sommes en droit d'en attendre, ces cours professionnels, avec leur complément nécessaire d'éducation sociale et d'instruction civique, doivent s'adresser à des jeunes gens judicieusement aiguillés vers le métier par une bonne orientation professionnelle, méthodiquement formés par un patron, dont les capacités techniques et la valeur morale présentent toutes les garanties désirables; il faut que l'apprentissage soit organisé, surveillé, contrôlé.

Cette organisation ne peut se réaliser qu'avec la collaboration des gens de métiers, patrons et ouvriers; eux seuls sont compétents pour assurer la surveillance et le contrôle nécessaires; mieux que personne, ils connaissent les aptitudes variées qu'exige l'exercice de leur profession, les besoins de tous genres auxquels elle doit répondre, les services qu'elle peut rendre lorsqu'elle est bien comprise.

Et c'est pourquoi nous soumettons au Parlement une proposition de loi portant création de conseils et des chambres de métiers qui auraient spécialement pour mission de déterminer l'orientation professionnelle. d'organiser, de surveiller et de contrôler l'apprentissage.

Il en existe déjà dans notre pays, à Limoges, Bordeaux, Angers, le Mans; plusieurs villes projettent de semblables créations; mais les nouveaux organismes, dus à des initiatives locales, ne disposent pas toujours des ressources suffisantes pour leur permettre d'atteindre le but qu'elles se proposent et d'assurer leur durée.

Si l'on veut que les chambres de métiers puissent rendre des services, aider efficacement à la formation des ouvriers, il faut leur donner une base légale et leur assurer des moyens d'action en nous inspirant, pour l'adapter à notre tempérament et à nos besoins, de l'exemple de la chambre de métiers d'Alsace et de Lorraine, qui travaille avec un succès si marqué au développement de l'apprentissage dans nos provinces retrouvées.

Composée de gens de métiers, de patrons et d'artisans, elle a spécialement pour mission, d'après la loi, de réglementer en détail l'apprentissage, de veiller à l'exécution des dispositions édictées en cette matière, d'aider l'Etat et les communes au développement des métiers, d'instituer les jurys, composés d'artisans et d'ouvriers, pour les examens de fin d'apprentissage.

La création dans toute la France de pareils organismes permettra de trouver les ressources sans lesquelles il ne serait pas possible de remédier à la crise de l'apprentissage, tant de fois signalée. Les industriels, les patrons, qui rencontrent, à l'heure présente, de si grosses difficultés dans le recrutement d'une main-d'œuvre capable, acquitteront avec empressement, nous en avons reçu de tous côtés l'assurance, une taxe dont le produit sera utilisé au profit d'une œuvre qui sera la leur, dont ils bénéficieront les premiers, et qui aura été créée pour eux et avec eux.

En les appelant à collaborer avec leurs ouvriers, au sein des chambres de métiers, au développement de l'apprentissage et de l'enseignement technique, nous augmenterons la force productive du pays; nous l'aiderons à se relever rapidement des ruines causées par la guerre, à assurer la prospérité de son industrie et, avec elle, le bien-être de nos vriers.

Proposition de loi.

TITRE Ier. — PRINCIPES GÉNÉRAUX DE LA LOI.

ART. 1er. — Les conseils et les chambres de métiers ont pour mission de former des employés et des ouvriers experts en leurs professions, en vue de maintenir la réputation et de permettre le développement de la production française, en vue aussi d'assurer l'avenir des travailleurs manuels en leur faisant parcourir tout le cycle d'un métier et en leur donnant la maîtrise de leur art.

Dans ce but il leur appartient d'orienter, dès l'école primaire. les enfants vers les métiers en rapport avec leurs facultés et leurs aptitudes, en s'inspirant à la fois de leurs intérêts particuliers et des besoins de la production nationale.

Ils sont chargés d'organiser, de surveiller, de contrôler l'apprentissage au comptoir comme à l'atelier, d'aider au fonctionnement des cours professionnels; de prendre, dans la limite des lois et règlements, toutes les mesures propres à servir les intérêts de l'éducation des métiers.

Leur action s'étend à tous les commerces et à toutes les industries.

Ils sont, auprès des pouvoirs publics, les représentants autorisés de la technique professionnelle.

TITRE II. — CONSEILS DE MÉTIERS.

ART. 2. — Le décret d'institution détermine, après avis de la ou des chambres de commerce du territoire de la chambre des métiers, les catégories dans lesquelles sont répartis les commerces et les industries dudit territoire,

Digitized by Google

ainsi que les communes dans lesquelles seront constitués des conseils de métiers.

ART. 3. — Chacune de ces catégories est appelée à élire un conseil de métiers. Les élections des conseils de métiers ont lieu conformément aux règles édictées pour les élections aux conseils de prud'hommes (loi du 27 mars 1907).

Les conditions d'électorat aux conseils de métiers sont les mêmes que celles édictées par ladite loi. Toutefois, nul ne peut être élu s'il n'est âgé de trente ans révolus et s'il n'exerce la profession depuis cinq ans au moins.

Les frais de ces élections sont à la charge du département intéressé.

ART. 4. — Dans chacune des catégories ou groupements de professions prévus à l'article 2, le nombre des délégués, employés, contremaîtres ou ouvriers devra être égal au nombre des délégués patrons.

Le décret d'institution déterminera le nombre des délégués à élire dans chaque conseil de métiers. Ce nombre sera fonction de l'importance de la profession à représenter.

Il ne devra pas être inférieur à six, ni supérieur à douze.

ART. 5 — Les membres des conseils de métiers sont élus pour six ans; ils sont rééligibles tant qu'ils exerceront la profession.

Le renouvellement a lieu par moitié tous les trois ans, dans le courant de novembre. Lors de la constitution des conseils de métiers, l'ordre de renouvellement par catégories est fixé par le sort.

ART. 6. — Les conseils de métiers sont appelés à :

1° Recruter des apprentis;

2° Donner leur avis sur les aptitudes physiques et les facultés nécessaires à l'exercice de chaque métier.

3° Se prononcer sur la durée de l'apprentissage dans chaque profession;

4° Préparer la réglementation de l'apprentissage dans chaque profession;

5° Organiser, pendant l'apprentissage, les examens périodiques de contrôle;

6° Présenter à la chambre de métiers les vœux qu'ils jugent utiles sur l'apprentissage des professions qu'ils représentent;

7° Elire les chambres de métiers.

ART. 7. — Dans les grands centres commerciaux et industriels, les conseils de métiers d'une même profession auront la faculté d'élire parmi leurs membres un conseil supérieur de métiers qui aura pour mission de coordonner les vues de la corporation.

ART. 8. — Ces conseils de métiers et les conseils supérieurs de métiers nomment leurs bureaux à la majorité absolue des membres en exercice. Ces bureaux comprennent :

Un président;

Un vice-président;

Un secrétaire.

La voix du président est prépondérante en cas de partage.

TITRE III. — ORGANISATION ET ATTRIBUTIONS DES CHAMBRES DE MÉTIERS.

ART. 9. — Les chambres de métiers sont instituées par décrets rendus sur la proposition du sous-secrétariat d'Etat de l'enseignement technique.

Elles jouissent de la personnalité civile et constituent des établissements publics

Il pourra être créé une chambre de métiers par territoire ou groupe de territoires de chambres de commerce.

En principe, elle a le même siège que la chambre de commerce de son ressort. Elle pourra se diviser en autant de sections qu'elle jugera utile.

Exceptionnellement, il pourra être créé plusieurs chambres de métiers à Paris et dans les grands centres industriels.

Les chambres de métiers créées antérieurement à la promulgation de la présente loi pourront être reconnues officiellement par décret rendu sur la proposition du sous-secrétaire d'Etat de l'Enseignement technique, après avis conforme du Conseil supérieur dudit enseignement.

Les chambres de métiers sont, auprès des pouvoirs publics, les représentants attitrés de la technique professionnelle.

ART. 10. — Les chambres de métiers sont composées de membres de droit et de membres élus.

Membres de droit. — 1° Le ou les présidents de chambre de commerce du territoire de la chambre de métiers, ou leurs délégués;

2° Un directeur, directrice ou professeur des cours professionnels commerciaux et industriels, désigné par ses collègues du territoire de la chambre de métiers;

3° Trois membres de chambres de commerce du territoire de la chambre de métiers désignés par leurs collègues;

4° Trois techniciens, ingénieurs, ou contremaîtres désignés par le Comité départemental de l'Enseignement technique.

Membres élus. — Douze patrons élus par les conseils de métiers et représentant chacun une profession ou un groupe de professions.

Douze employés, contremaîtres ou ouvriers élus par les conseils de métiers, représentant chacun une profession ou un groupe de professions.

Toutefois, ces nombres pourront être augmentés suivant le nombre et l'importance des métiers à représenter.

Le décret d'institution fixera ces nombres après avis de la ou des chambres de commerce du territoire de la chambre de métiers.

Les nombres ainsi fixés devront comprendre autant de membres patrons que de membres employés, contremaîtres ou ouvriers.

Sont membres de droit, mais avec voix consultative seulement :

1° L'inspecteur départemental de l'Enseignement technique désigné par le sous-secrétaire d'Etat de l'Enseignement technique;

2° Un inspecteur départemental du travail désigné par le ministre du travail.

ART. 11. — Les membres des chambres de métiers sont élus pour six ans. Ils sont rééligibles.

Le renouvellement a lieu, par moitié, tous les trois ans, dans le courant de décembre.

Lors de la constitution d'une chambre de métiers, l'ordre de renouvellement par catégorie est fixé par le sort.

ART. 12. — Les élections aux chambres de métiers auront lieu conformément aux modalités édictées pour les élections aux conseils de prud'hommes.

Toutefois, les membres des conseils de métiers seront seuls électeurs à la chambre de métiers.

Ne sont éligibles aux chambres de métiers que les patrons, contremaîtres, ouvriers ou employés, ayant trente ans révolus et exerçant la profession depuis cinq ans au moins.

ART. 13. — Lorsqu'une chambre de métiers se trouve, par l'effet des vacances survenues par une cause quelconque, réduite aux trois quarts de ses membres élus, il est, dans le délai de deux mois à dater de la dernière vacance, procédé à des élections complémentaires.

Toutefois, dans l'année qui précède le renouvellement partiel, les élections complémentaires sont reportées à l'époque de ce renouvellement, à moins, cependant, que la chambre n'ait perdu plus de la moitié de ses membres.

Les membres nommés dans une élection complémentaire ne demeurent en fonctions que pendant la durée du mandat qui avait été confié à leurs prédécesseurs.

ART. 14. — Les chambres de métiers nomment leur bureau à la majorité absolue des membres en exercice. Ce bureau comprend : un président, un vice-président (au minimum), un trésorier et un secrétaire.

Le bureau est renouvelé après les élections triennales; les membres sortants sont rééligibles.

En cas de décès ou de démission d'un membre du bureau, il est immédiatement pourvu à la vacance.

ART. 15. — Les chambres de métiers ne peuvent délibérer

Digitized by Google

que si le nombre des membres présents dépasse la moitié de ceux en exercice.

Les décisions sont prises à la majorité absolue des votants.

En cas de partage, la voix du président est prépondérante.

ART. 16. — Les fonctions des membres des chambres de métiers sont gratuites.

Cependant, pourront être prévus l'attribution de jetons de présence dont la valeur devra être approuvée par le sous-secrétaire d'Etat de l'Enseignement technique, ainsi que le remboursement des frais de déplacement.

ART. 17. — Les chambres de métiers correspondent directement avec le sous-secrétaire d'Etat de l'enseignement technique.

Elles lui transmettent, chaque année, le compte rendu de leurs travaux.

Elles sont autorisées à donner leur avis sur toutes les questions intéressant l'apprentissage et l'organisation des cours professionnels.

ART. 18. — Les chambres de métiers correspondent directement entre elles, ainsi qu'avec les chambres de commerce, les corps élus et les administrations publiques de leur circonscription pour toutes les questions relatives à l'apprentissage.

ART. 19. — Elles ont la faculté de provoquer, par l'entremise de leurs présidents, une entente générale sur les objets relatifs à leurs attributions.

A cet effet, les présidents des chambres de métiers se réunissent semestriellement à Paris en une assemblée générale qui élit son bureau annuel.

Le bureau permanent de l'assemblée générale des présidents des chambres de métiers a son siège à Paris.

ART. 20. — Les chambres de métiers ont pour attributions :

1° De créer des offices d'orientation professionnelle en vue de diriger les débutants, par des conférences et des conseils aux parents et à leurs enfants, vers les professions en rapport avec leurs facultés et leurs aptitudes et en s'inspirant tout à la fois des intérêts des enfants, des besoins de la production nationale et de l'état du marché du travail;

2° D'organiser, les conseils de métiers entendus, l'apprentissage, notamment en déterminant sa durée suivant les métiers, en décidant quels sont les patrons qui doivent obligatoirement former des apprentis et en fixant le nombre de ces apprentis, en désignant les employeurs qui, en raison de la nature de leur commerce ou de leur industrie, ne doivent pas former d'apprentis, en précisant les conditions à remplir par les employeurs et les apprentis, en rédigeant les contrats d'apprentissage, en déterminant les sanctions nécessaires au cas d'inexécution totale ou partielle de ces contrats par l'une ou l'autre des parties, en veillant au perfectionnement de ces mêmes apprentis par les cours professionnels; en recherchant, enfin, les formes d'encouragement susceptibles d'aider au développement de l'apprentissage;

3° De donner leur concours à l'organisation des cours professionnels créés par les communes en vertu de la loi du 25 juillet 1919;

4° De donner leur avis sur l'attribution des récompenses honorifiques pour service rendus à l'apprentissage.

ART. 21. — Les attributions spéciales conférées aux conseils de prud'hommes par la loi de 1851 sur le contrat d'apprentissage, celles conférées aux comités régionaux des arts appliqués dans les questions d'apprentissage par les décrets des 10 août et 10 septembre 1916, celles conférées aux comités de patronage par l'article 117 du code du travail sont transférées aux chambres de métiers.

ART. 22. — Les chambres de métiers ont seules qualité pour faire passer des examens de fin d'apprentissage, ainsi que les examens de maîtrise. Elles nomment les jurys qui sont choisis sur la base paritaire et présidés par un inspecteur de l'enseignement technique, désigné par le sous-secrétaire d'Etat; elles arrêtent les programmes qui sont soumis à l'agrément du sous-secrétaire d'Etat de l'Enseignement technique; elles seules délivrent valablement les diplômes aux candidats qui ont subi avec succès les épreuves de ces examens.

ART. 23. — Les chambres de métiers édictent des règlements spéciaux sur toutes les questions relatives à l'apprentissage; les décisions prises par elles seront exécutoires après avoir été revêtues de la signature du sous-secrétaire d'Etat à l'Enseignement technique.

ART. 24. — En vue d'établir les liaisons nécessaires avec la loi du 25 juillet 1919 et de la faire appliquer par les représentants attitrés du commerce, de l'industrie et des métiers, les attributions confiées par cette loi aux commissions locales en ce qui concerne l'apprentissage sous toutes ses formes sont transférées aux chambres de métiers et aux sections qu'elles croiront devoir créer.

TITRE IV. — RESSOURCES BUDGÉTAIRES

ART. 25. — Il est pourvu aux dépenses ordinaires des chambres de métiers au moyen d'une imposition additionnelle au principal de la contribution des patentes perçue sous le nom de taxe d'apprentissage.

Le nombre de ces centimes additionnels est fixé à 10 au maximum.

Cette taxe d'apprentissage sera majorée de 1 à 50 pour 100 pour les patrons qui ne formeront pas le nombre d'apprentis fixé pour chacun d'eux par la chambre des métiers et cela, conformément à une échelle qui sera établie par l'assemblée des présidents de chambres de métiers.

Elle sera majorée de 100 pour 100 pour les patrons qui refuseront de se soumettre à l'obligation de former des apprentis.

Les patentés entretenant à leurs frais des écoles d'apprentissage jugées par les chambres de métiers normalement organisées pourront être dégrevés de tout ou partie de la taxe d'apprentissage.

Il en sera de même pour les membres des associations commerciales ou professionnelles ainsi que pour les patentés qui feront la preuve des sacrifices financiers qu'ils consentent pour des œuvres d'apprentissage. Les demandes de dégrèvement des grandes entreprises commerciales ou industrielles dont l'action s'étend sur plusieurs territoires de chambre de métiers devront être soumises à l'assemblée des présidents de chambres de métiers qui aura pouvoir de décision.

Afin de réduire au minimum les frais d'administration des chambres de métiers, l'état-matrice des assujettis à ces taxes et surtaxes sera établi par chaque chambre de commerce, dans sa circonscription, sur les indications fournies par la chambre de métiers et remis par ladite chambre de commerce à la direction départementale des contributions directes. Cette dernière administration, pour faciliter le travail des chambres de commerce, devra leur fournir en temps utile l'état-matrice des assujettis à la contribution des patentes de l'exercice en cours.

Les réclamations des assujettis à ces taxes seront instruites par la chambre de commerce du domicile de l'assujetti qui les transmettra, avec son avis, à la juridiction compétente en matière d'impôts.

Les chambres de commerce feront état dans leur comptabilité, aux services hors budget, des budgets spéciaux desdites chambres de métiers.

Le montant des impositions de ces établissements sera, pour chacun des assujettis, porté dans une colonne spéciale de l'avertissement des impositions des chambres de commerce.

Les dépenses afférentes aux chambres de métiers seront mandatées par le président de la chambre de métiers et payées par la caisse de la chambre de commerce. Toutefois, des avances pourront, sur mandat du président de la chambre de métiers, être versées au trésorier de la chambre de métiers.

Les chambres de métiers pourront recevoir des subventions, dons et legs.

ART. 26. — L'Etat patron ne saurait se soustraire à la taxe de l'apprentissage. Il versera cette taxe sous forme d'une subvention à un fonds commun qui sera réparti entre les

Digitized by Google

chambres de métiers par les soins du sous-secrétaire d'Etat à l'Enseignement technique et suivant un barème établi par le Conseil supérieur de l'Enseignement technique.

ART. 27. — Dans les six premiers mois de chaque année, les chambres de métiers adressent le compte administratif de l'exercice écoulé et le projet de budget de l'exercice suivant au préfet du territoire qui les transmettra au sous-secrétaire d'Etat à l'Enseignement technique auquel il appartient de les approuver.

Une expédition de chacun de ces documents sera également transmise à la chambre de commerce de la circonscription pour être jointe à son compte de gestion.

Les chambres de métiers peuvent constituer, en vue de faire face à des dépenses urgentes et imprévues, un fonds de réserve qui ne peut excéder la moitié des ressources annuelles ordinaires de leur budget.

Ce fonds de réserve doit être mentionné à un article spécial de leur budget.

ART. 28. — Un décret d'administration publique délibéré en Conseil d'Etat et rendu sur la proposition du ministre de l'Instruction publique et des Beaux-Arts (sous-secrétaire d'Etat de l'Enseignement technique) déterminera les conditions d'application de la présente loi.

ART. 29. — Sont et demeurent abrogées toutes dispositions antérieures qui seraient en contradiction avec celles édictées ci-dessus.

Sur l'application de l'impôt sur les revenus aux sommes provenant d'une cession de droit à un bail.

Le « Journal officiel » du 20 octobre 1922 publie à ce sujet, page 1231 des « Débats parlementaires, Sénat », la question et la réponse qui suivent :

5328. — M. Potié, sénateur, demande à M. le ministre des Finances, si un commerçant — qui vient de toucher la valeur de la cession de son droit au bail — doit faire figurer le prix de cette cession sur son bilan de fin d'année ; s'il est passible de l'impôt sur le revenu et, dans l'affirmative, en vertu de quels lois, articles et paragraphes. (Question du 11 septembre 1921).

Réponse. — Les avantages, aussi bien que les charges, résultant pour un commerçant du bail en vertu duquel il occupe les locaux affectés à son commerce sont étroitement liés aux résultats de l'entreprise commerciale. Par suite, le prix de cession de la location est susceptible d'être compris parmi les recettes de cette entreprise pour la détermination du bénéfice servant de base aux impôts sur les revenus dus par l'intéressé.

Sur l'application de la contribution sur les bénéfices de guerre.

Le « Journal officiel » du 21 octobre 1922 publie à ce sujet, pages 3782 et 3783 des « Débats parlementaires, Chambre des Députés », diverses questions et réponses que nous reproduisons ci-dessous.

14661. — M. Jean Molinié (Aveyron), député, demande à M. le ministre des Finances si un commerçant ayant payé l'impôt des bénéfices de guerre pour les cinq premières périodes, ayant eu une comptabilité régulière et complète avant la guerre et une comptabilité régulière et complète depuis le 1er janvier 1920 à ce jour, a droit à évaluer ses stocks pour l'inventaire de la dernière période d'imposition suivant les méthodes prévues par l'article 8 de la loi du 31 juillet 1920, et ce, malgré qu'il n'ait pas eu de comptabilité régulière et complète durant la période, dernier inventaire 1914-1er janvier 1920, mais ayant tout de même fourni les indices nécessaires pour une juste taxation et ayant acquitté envers le Trésor toutes les sommes fixées par la commission du premier degré. (Question du 12 octobre 1922.)

Réponse. — Le dernier alinéa de l'article 8 de la loi du 31 juillet 1920 exclut formellement du bénéfice du mode spécial d'évaluation des stocks, prévu par la même loi, les contribuables qui n'avaient pas, au 30 juin 1920, une comptabilité régulière et complète, c'est-à-dire présentant, aussi bien pour la période de guerre que pour la période normale, des inventaires annuels, ainsi que le prescrit l'article 9 du Code de Commerce. Dès l'instant, par suite, qu'il ne remplit pas ces conditions, le contribuable visé dans la question ne peut prétendre aux avantages de la loi du 31 juillet 1920.

Sur l'inscription au registre du commerce.

Le « Journal officiel » du 7 novembre 1922 publie, page 2969 des « Débats parlementaires, Chambre des Députés », la question et la réponse suivantes.

14586. — M. René Nicod, député, demande à M. le ministre du Commerce si un commerçant ou un industriel, habitant dans une rue dont le nom a été changé par le Conseil municipal, est tenu de ce fait, d'apporter une modification à son inscription au registre du commerce et de supporter ainsi une dépense supplémentaire de 7 à 8 fr. (Question écrite du 12 octobre 1922.)

Réponse. — Bien que la loi du 18 mars 1919 ait prévu en principe une déclaration modificative en cas de changement survenu dans les indications fournies lors de l'immatriculation des commerçants et sociétés commerciales au registre du commerce, il semble qu'il y ait lieu de considérer le cas particulier du changement d'adresse par suite de la décision du Conseil municipal modifiant le nom d'une rue, non comme un véritable changement d'adresse, mais plutôt comme un fait d'ordre public dont le greffier pourra être amené, le cas échéant, à tenir compte d'office.

Sur le payement du droit de timbre sur les actions des sociétés anonymes.

Le « Journal officiel » du 8 novembre 1922 publie, page 3309 des « Débats parlementaires, Sénat », la question et la réponse suivantes.

5337. — M. Milan, sénateur, demande à M. le ministre des Finances, si, pour les sociétés anonymes par actions, le droit de timbre par abonnement sur les actions doit se payer sur le capital primitif ou s'il doit rester proportionnel au capital, en cas de réduction ou d'augmentation de celui-ci. (Question du 7 octobre 1922.)

Réponse. — La taxe d'abonnement au timbre établie par l'article 22 de la loi du 5 juin 1850, demeure exigible, pendant toute la durée de la société, sur l'intégralité du capital social originaire, malgré les réductions que ce capital peut subir. (Cass. 14 mars 1881, Sir. 81 1 228 ; 24 janvier 1893, Sir. 93 1 266 ; 4 février 1914, Sir. 1918 1 141). La raison en est que la taxe d'abonnement n'est que la représentation du droit de timbre au comptant qui aurait dû être acquitté, en principe, sur les titres de la société, au moment même de leur création matérielle (art. 14 de la loi précitée du 5 juin 1850). La taxe d'abonnement est due, en outre, sur toute augmentation de capital, même réalisée après réduction du capital initial (Cass. 24 janvier 1893, précité ; 10 décembre 1894 ; Sir. 96 1 139 ; 17 juillet 1895 ; Sir. 96 1 367).

Toutefois, en cas de réduction du capital social, la fraction disparue de ce capital supporte le droit de timbre au taux en vigueur au moment de la réduction, sans qu'il y ait lieu de tenir compte des augmentations de tarifs édictées par l'article 40 (dernier alinéa) de la loi du 29 mars 1914 et par l'article 48 de la loi du 25 juin 1920 (loi du 31 décembre 1921, art. 96).

Digitized by Google

REVUE GÉNÉRALE DE L'ÉLECTRICITÉ

Organe de l'Union des Syndicats de l'Électricité

réunissant

LA REVUE ÉLECTRIQUE 1904-1916 — LA LUMIÈRE ÉLECTRIQUE 1879-1916

DIRECTEUR : J. BLONDIN, Agrégé de l'Université.

6e ANNÉE. — TOME XII. — N° 24. — 16 DÉCEMBRE 1922.

Chronique. — A propos des bobines de résonance pour télégraphie sans fil. — Sur la détermination de la chute de tension dans les alternateurs polyphasés. — Société française des Electriciens. — Bibliographies : Cours de mesures électriques, par E. VIGNERON ; The Year Book of Wireless Telegraphy and Telephony, 1922 (Annuaire de la radiotélegraphie et radiotéléphonie, 1922) La Houille bleue, par le vice-amiral AMET ; Le problème des assurances sociales en France, par MONTCHRESTIEN ; Calcul et spécification des machines dynamoélectriques, par MILES WALKER ; Si j'étais ministre des Finances, par Jean LABADIE, p. 921-924.

Section scientifique et technique. — Quelques inégalités importantes de l'électrotechnique, par Léon BOUTHILLON, p. 925. — Diagramme des machines synchrones saturées, par Gabriel-Henri PERRIN, p. 928. — Revues, analyses et informations : Influence du changement de la fréquence sur les caractéristiques des moteurs d'induction polyphasés, p. 930 ; Détermination graphique de la chute de tension en courant triphasé, d'après Hochenegg, p. 932.

Section industrielle. — L'exploitation électrique des puits pétrolifères en Roumanie, par Charles REY et Maurice WILFART, p. 933. — Le choix de la température d'ajustage des calibres industriels, par FRONTARD, p. 943. — Revues, analyses et informations : Le facteur de puissance dans les transformateurs et les lignes de transmission, p. 945 ; La régulation de la tension sur le réseau bavarois, p. 948.

Section économique et financière. — Assemblées générales : Compagnie générale d'Electro-Céramique, p. 951 ; Société des Forces motrices du Refrain, p. 951.

Section de législation. — Un programme de répression de la concurrence déloyale, par FERNAND-JACQ, p. 953. — Législation, jurisprudence, réglementation : Sur l'emploi du chèque pour le recouvrement des montants des factures, p. 959 ; Sur l'application de la loi relative au privilège du Trésor sur les bénéfices de guerre, p. 959 ; Sur la responsabilité des compagnies de transport en ce qui concerne le poids des objets transportés, p. 959 ; Proposition de loi concernant les sociétés coopératives agricoles d'électricité, p. 960 ; Sur le régime forfaitaire en ce qui concerne la taxe sur le chiffre d'affaires, p. 960 ; Sur le privilège du Trésor concernant la taxe sur le chiffre d'affaires, p. 960.

A propos des bobines de résonance pour télégraphie sans fil. — Nous recevons, à ce sujet, la lettre suivante, de M. Bethenod.

Monsieur le Directeur,

Dans le numéro 16, du 21 octobre 1922, t. XII, je lis, page 609, un résumé très intéressant d'un article publié dans l' « Electrotechnik und Maschinenbau » du 9 avril 1922 relativement aux « bobines de résonance pour télégraphie sans fil ». Je me permets, à cette occasion, de rappeler que le diagramme circulaire établi par les auteurs précités est déjà contenu sous forme encore plus générale dans les conférences sur les alternateurs à haute fréquence, que j'ai l'honneur de faire, chaque année, aux élèves de l'Ecole supérieure d'Electricité, section de radiotélégraphie. D'ailleurs ce diagramme résulte de travaux publiés par moi depuis 1908, et il a été signalé aux ingénieurs de la Société française radioélectrique depuis plusieurs années.

Je vous prie d'agréer, etc...

Sur la détermination de la chute de tension dans les alternateurs polyphasés. — Nous recevons, de M. L.-C. Stokvis, la lettre suivante :

Monsieur le Directeur,

J'ai pris connaissance avec beaucoup d'intérêt de l article de M. Bethenod au sujet de la détermination de la chute de tension dans les alternateurs polyphasés (*R. G. E.*, 18 novembre 1922, t. XII, page 765). Le diagramme des alternateurs polyphasés, d'après la théorie bien connue des deux réactions de M. Blondel, permet de se rendre compte, avec une très grande approximation, des phénomènes tels qu'ils se déroulent. Ces diagrammes ont cependant un léger inconvénient, c'est que les tensions dues aux deux réactions sont proportionnelles au déphasage *intérieur* de la machine et non au déphasage *extérieur*. M'est-il permis de rappeler que j'ai publié en 1912 (1) et en 1915 (2) une théorie complète de la chute de tension des alternateurs polyphasés, qui ne présente pas cet inconvénient ? Cette théorie s'affranchit non seulement de la connaissance de l'angle ψ (déphasage intérieur), mais encore de la restriction que les trois courants sont égaux et déphasés de 120°. J'ai démontré, à cette époque, que mon diagramme occupe une position bien déterminée dans la caractéristique à vide, ce qui permet de tenir compte de la saturation pour la détermination de la chute de tension due au champ résultant. Sans tracer des familles de courbes (comme M. Bethenod le propose dans son intéressant article), il est possible de résoudre toutes les questions qu'il se pose, au moyen du diagramme mentionné. Les essais que j'ai publiés prouvent que ce diagramme est exact pour n'importe quelle saturation et pour n'importe quelle charge, même déséquilibrée. L'angle de déphasage ψ

(1) Der Spannungsabfall des synchronen Drehstromgenerators bei unsymmetrischer Belastung.

(2) *Electrical World*, 1er mai, t. LXV, p. 1111 à 1115.

Digitized by Google

peut être mesuré directement sur le diagramme connaissant la caractéristique à vide, l'intensité du courant d'excitation, l'intensité du courant de charge et le déphasage extérieur.

Pour donner un aperçu de l'exactitude de ces diagrammes, je me permets de citer quelques valeurs (1).

ψ mesuré	41°27′	48°10′	10°28′
ψ par le diagramme	41°59′	48°58′	9°50′
chute de tension mesurée, en volts.	123,8	131,7	126.7
chute de tension d'après le diagramme, en volts	123,0	132,3	127,5

La mesure directe de l'angle ψ peut se faire par l'ingénieuse méthode indiquée par M. Giovanni Ossanna.

Je viens de terminer un travail au sujet de la chute de tension dans les alternateurs polyphasés, ainsi que je l'avais fait prévoir dans la « R. G. E. » du 2 septembre 1922, t. XII, page 307, travail qui récapitule et étend les travaux publiés jusqu'ici, et qui complètera, comme je l'espère, nos connaissances sur les alternateurs polyphasés bien que celles-ci soient déjà très étendues, grâce aux brillants travaux de M. Blondel et aux études des plus intéressantes de M. Bethenod.

Veuillez, etc...

Société française des Electriciens : Séance du 6 décembre 1922. — La première communication : « Détermination rapide du champ magnétique terrestre. Méthode particulière de comparaison de champs magnétiques » est due à M. Pérot.

L'appareil repose sur l'action exercée par le champ magnétique terrestre sur une bobine en court-circuit tournant à grande vitesse, environ 200 t : s.

Si, autour de ce cadre mobile, on place une bobine fixe, un courant alternatif de fréquence double de celle du courant induit par le champ magnétique terrestre dans la bobine mobile prendra naissance dans la bobine fixe. Les extrémités de cette dernière bobine étant reliées, par l'intermédiaire d'un amplificateur, à un téléphone, on recueillera un son dans le récepteur. Partant de ce principe, M. Pérot a construit un appareil de mesure du champ terrestre. Au système précédent, il a adjoint deux bobines, l'une horizontale et l'autre verticale, dans lesquelles il fait passer des courants de valeur telle que les composantes horizontale et verticale du champ magnétique terrestre soient annulées; dans ces conditions, le téléphone devient muet. Si les constantes galvanométriques des deux bobines sont connues, les courants qui les parcourent étant eux-mêmes susceptibles d'être déterminés au moyen d'instruments de mesure appropriés, on en déduira la valeur des champs produits par ces deux bobines et qui sont égaux et de signes contraires aux champs composants du champ magnétique terrestre.

En opérant dans deux positions perpendiculaires, on détermine ainsi les projections du vecteur du champ magnétique terrestre sur trois axes de coordonnées rectangulaires; on possède donc tous les éléments nécessaires pour l'évaluation, en grandeur et en direction, du champ magnétique terrestre. Il est donc facile d'en déduire ses composantes horizontale et verticale, sa déclinaison et son inclinaison. Pour déterminer les constantes galvanométriques des deux bobines rectangulaires, M. Pérot utilise une méthode basée sur le principe de la boussole d'Helmholtz et qui ramène toutes les mesures à effectuer à des mesures d'angles : les mesures d'angles se font en déterminant la rotation du plan de polarisation d'un petit nicol à l'aide d'un analyseur Macé de Lépinay.

La précision de la méthode est de l'ordre du millième : elle peut être utilisée très commodément pour la mesure des champs magnétiques faibles ne contenant pas de fer.

M. Pérot accompagna sa très intéressante communication d'expériences concluantes qui prouvèrent la simplicité et la précision de sa méthode.

La parole fut ensuite donnée à M. Belin pour une communication sur la « Transmission sans fil des images à distance ».

La transmission télégraphique des images peut se faire soit par fils soit sans fil. Quel que soit le procédé de transmission, trois cas sont à considérer : suivant qu'on veut transmettre des images composées de traits, des images composées de teintes ou demi-teintes (photographies) ou photographier à distance un objet.

Le premier problème peut se résoudre avec un seul fil, lorsqu'on emploie la transmission par fils; le second exige un circuit à deux fils et l'emploi d'un microphone, mais tous deux sont réalisables par des procédés radiotélégraphiques.

Le conférencier a indiqué les dispositifs qui l'ont conduit au résultat cherché et montré des images ainsi obtenues. La transmission sans fil d'images composées de traits permet d'assurer le secret absolu des communications par la réalisation d'un synchronisme parfait entre les organes émetteurs et les organes récepteurs ; la vitesse de ceux-ci peut être modifiée à volonté au gré de l'opérateur et il est impossible à un poste intermédiaire d'arriver à se régler de façon à intercepter les communications ; de plus, le procédé de M. Belin a l'avantage d'éliminer presque complètement l'influence perturbatrice des parasites.

M. Belin est parvenu également à des résultats intéressants dans la transmission sans fil de photographies entre l'Amérique et la France et entre la France et Beyrouth.

Le troisième problème de la photographie à distance est plus délicat à résoudre. M. Belin l'étudie actuellement, en utilisant les propriétés du sélénium : il fit, devant la Société, un certain nombre d'expériences qui laissent espérer que ses efforts seront bientôt couronnés d'un plein succès.

Le conférencier estime que l'emploi de lampes photoélectriques rendra possible la photographie et même la cinématographie à distance, sans fil, dans un très bref délai.

Des expériences concluantes auront lieu à ce sujet dans le début de l'année 1923. — H. C.

Bibliographie : Cours de mesures électriques, tome II. par E. Vigneron, ingénieur-conseil, arbitre près le Tribunal de Commerce, expert près le Conseil de Préfecture, directeur des laboratoires de l'Ecole des Travaux publics (1). — L'ensemble de l'ouvrage est la reproduction, un peu étendue, des cours professés par l'auteur à l'Ecole des Travaux publics, depuis près de treize ans.

Dans le premier volume, l'auteur a traité avec ampleur la question des mesures de laboratoire, donnant le développement de la théorie générale des mesures et la description des méthodes, puis une monographie complète des divers appareils servant à l'exécution de ces mesures.

Le deuxième volume, qui nous occupe aujourd'hui, traite

(1) *Electrical World*, loc. cit ; M. Ossanna a d'ailleurs indiqué en 1905, un diagramme similaire pour la charge équilibrée, sans en revendiquer la priorité (Starkstromtechnik) bien que ce soit lui qui l'ait imaginé le premier.

(1) Un volume, format 25 cm × 16 cm, 613 pages, 354 figures, édité par la librairie de l'Enseignement technique, 3 bis, rue Thénard, Paris. Prix : broché, 35 fr.

Digitized by Google

dss essais des machines et l'on peut y distinguer trois parties principales.

En premier lieu, nous trouvons les questions d'ordre un peu général qui forment la base de la plupart des essais de machines. Ce sont : la description des différentes méthodes pour la mesure des vitesses, les essais généraux à effectuer sur les huiles et, enfin, les dispositifs industriels pour la mesure des puissances : puissance mécanique, par l'emploi des freins (Prony, Froude, etc.); puissance calorifique, par l'emploi des bombes calorimétriques (étude détaillée de la bombe de Malher) et puissance hydraulique.

L'auteur envisage ensuite les essais à effectuer sur les dynamos et les moteurs à courant continu, c'est à-dire le relevé des principales caractéristiques, les vérifications relatives à la commutation et les essais de rendement Ces derniers sont étudiés d'une façon très détaillée. Signalons, dans cette partie de l'ouvrage, un tableau de quelques pages sur les accidents susceptibles de se produire pendant les essais; ce tableau indique à la fois la cause possible des accidents qui se répètent le plus souvent et le moyen d'y remédier; il sera sans doute fort utile aux débutants.

Dans la dernière partie sont traitées les machines à courant alternatif. D'abord les alternateurs, pour lesquels sont étudiés les relevés des diverses caractéristiques et les essais de rendement; sont ensuite envisagés successivement les transformateurs, les moteurs d'induction et les moteurs synchrones, les redresseurs dynamiques et statiques de courant alternatif et, enfin, les moteurs asynchrones à collecteur.

On a réuni en annexe deux notes intéressantes, l'une sur la méthode d'analyse expérimentale des propriétés des alternateurs et l'autre, sur les essais à puissance réduite des alternateurs, ainsi qu'une série de règlements relatifs à la fourniture et à la réception du matériel électrique; les règles relatives à l'unification de ce même matériel; les cahiers des charges pour la fourniture des tôles et pour celle des huiles de transformateurs.

Cet important ouvrage est complètement à jour et rédigé en conformité avec les tendances industrielles actuelles. Il n'est pas seulement à recommander à l'attention de l'étudiant, mais également à celle de l'ingénieur ou du praticien auxquels il est appelé à rendre de nombreux services. — B. E.

Bibliographie : The Year Book of Wireless Telegraphy and Telephony, 1922 (Annuaire de radiotélégraphie et radiotéléphonie, 1922) (1) — Bien que l'année 1921 n'ait été marquée par aucune découverte sensationnelle dans le domaine de la télégraphie sans fil, on peut dire cependant que des progrès techniques considérables ont été réalisés, notamment en ce qui concerne les antennes et les prises de terre des installations de grande puissance et aussi au point de vue de l'accélération apportée dans la transmission des radiotélégrammes ; dans tous les pays, il y a eu également des modifications dans la législation et la réglementation de la télégraphie sans fil. Toutes ces questions sont mises à jour dans le présent annuaire qui contient, par exemple, 100 pages de nomenclatures de stations de plus que pour l'année 1921, en sorte que le tableau des stations terrestres et de bord s'étend maintenant sur 458 pages de l'annuaire. Une section est, à partir d'aujourd'hui, consacrée aux amateurs et aux stations d'expériences ; elle occupe déjà une cinquantaine de pages. Comme nouveauté particulièrement intéressante, nous devons signaler une carte du globe construite suivant le canevas zénithal et azimutal de Pletts qui donne rapidement la distance vraie et l'orientation d'un point quelconque de la terre par rapport à Londres. Pour l'installation d'un poste et l'alignement d'une antenne, ces renseignements sont de la plus haute utilité. — B. C.

(1) Un volume, format 20 cm × 13 cm, de 1477 p. avec de nombreuses cartes et figures dans le texte, édité par The Wireless Press, Ltd, 12/13 Henrietta Street, Strand, W. C. 2, London.

Bibliographie : La Houille bleue, par le vice-amiral Amet (1). — Cette brochure reproduit un article antérieurement publié dans la « Revue maritime », et dans lequel l'auteur donnait un exposé à la fois complet et concis du problème de l'utilisation de l'énergie des marées.

Après avoir rappelé l'importante étude de M. Maynard, ingénieur des Ponts et Chaussées, parue en 1918 (2), puis la création, en 1919, de la Commission de la Houille bleue, émanation du Comité d'Etudes et de Recherches scientifiques pour l'Aménagement et l'Utilisation des Forces hydrauliques, il signale rapidement les travaux de cette commission, qui ont eu pour résultat de décider le Ministère des Travaux publics à envisager la construction d'une usine marémotrice d'essai sur la côte nord de Bretagne. Il montre ensuite comment se pose la question de l'utilisation des marées, les difficultés qu'elle présente, les solutions raisonnables qui peuvent en être données, les résultats pratiques à en attendre; pour cela, il s'appuie sur des diagrammes précis dont les bases mathématiques ont été exposées dans une série d'articles publiés ici même en 1920 (3). L'étude de ces diagrammes le conduit à préconiser l'emploi d'un bassin unique fonctionnant à double effet, au flux et au reflux, de préférence à celui de deux bassins fonctionnant séparément ou conjointement aux différentes phases d'une marée.

En terminant, l'amiral Amet expose quelques considérations permettant de se rendre compte du prix auquel pourrait être vendue l'unité d'énergie captée. D'après un projet de cahier des charges de la concession de l'exploitation de l'Aber Wrach, la société concessionnaire s'engagerait à ne pas dépasser un prix de vente de 0,30 fr par kilowatt-heure; elle espère d'ailleurs le faire descendre, en moyenne, sensiblement au-dessous de ce maximum. A ce propos, l'amiral Amet fait observer que l'amplitude des marées à l'Aber Wrach étant notablement plus petite que celle des marées dans la région de Saint-Malo, la production d'une même quantité d'énergie dans cette dernière région coûterait sensiblement moins qu'à l'Aber Wrach; il fait remarquer, en outre, que l'installation projetée à l'Aber Wrach se trouve grevée des frais particuliers à l'usine d'eau douce érigée sur le Diouris en vue de régulariser la puissance disponible. Aussi estime-t-il que l'énergie produite par une station marémotrice établie à l'embouchure de la Rance pourrait être vendue moins de 0,20 fr le kilowatt-heure.

Un autre point sur lequel insiste l'auteur dans ses conclusions, c'est qu'il ne faut pas chercher à régulariser trop étroitement la puissance fournie par une station marémotrice, car cette régularisation n'est obtenue que par une

(1) Une brochure, format 25 cm × 17 cm, 71 pages, 18 figures, éditée par la librairie Augustin Challamel, 17, rue Jacob, Paris. Prix : 4 fr.

(2) E. Maynard ; Etude sur l'utilisation des marées pour la production de la force motrice. *R. G. E.*, 2 novembre au 28 décembre 1918, t. IV, p. 653, 697, 749, 793, 823, 865, 903, 947 et 997. Ces articles ont été rassemblés en une brochure de 193 pages, en vente aux bureaux de la *R. G. E.*, au prix de 15 fr.

(3) Amet ; Utilisation des marées. *R. G. E.*, t. VIII, 2, 9, 16 et 23 octobre 1920, p. 445-455, 483-493, 531-542, 565-579.

Digitized by Google

augmentation de l'importance des installations, et, par suite du prix de revient de l'unité d'énergie. Il est bien préférable, à son avis, de réaliser les installations qui, à production d'énergie égale, coûtent le moins cher et d'assurer la régularisation de la puissance fournie aux abonnés par la liaison électrique de plusieurs usines génératrices établies en des lieux différents. Aussi estime-t-il que l'Etat doit tracer un vaste programme d'aménagement de nos côtes pour l'utilisation des marées et, en même temps, activer la réalisation du grand réseau d'intercommunication entre usines génératrices qui a été déjà tracé. — J. B.

Bibliographie : Le problème des assurances sociales en France, par MONTCHRESTIEN (1). — Cet ouvrage, publié par la Société d'Etudes et d'Informations économiques, apporte une nouvelle contribution à la recherche de l'amélioration du sort des individus, en tenant compte de l'ensemble des conditions économiques et sociales dans lesquelles nous vivons.

L'auteur ne prétend pas traiter intégralement, dans le cadre forcément limité de cet ouvrage, tous les problèmes que soulève l'organisation des assurances sociales. Il désire seulement en définir les termes et en indiquer les aspects nombreux et variés afin de montrer au lecteur quelle tâche délicate et complexe représente leur examen et quelle répercussion le vote d'une loi sur cette question peut avoir, non seulement sur la structure sociale du pays, mais encore sur sa mentalité générale et les rapports que soutiennent entre elles les classes économiques. C'est ce qui peut se passer en France où nous sommes à la veille de voir s'accomplir une importante modification dans ses institutions sociales par suite du dépôt d'un projet de loi sur les assurances sociales.

L'auteur passe d'abord en revue les institutions existantes, puis les assurances sociales telles qu'elles existent en Alsace-Lorraine, en Allemagne, en Angleterre ; il expose ensuite le projet de loi qui est présenté en France par M. Daniel Vincent, en fait la critique raisonnée, insistant, avec juste raison, sur les défauts importants suivants : la création brusque, au lieu de procéder par étapes en donnant les possibilités de trouver le personnel compétant et d'accoutumer la population à ce régime nouveau ; l'obligation, qui va à l'encontre de l'esprit général ; la non-adaptation de la réforme au développement des sentiments sociaux qui, seuls, sont capables de faire obtenir la réalisation de ces conceptions.

Il dégage de cette critique quelques indications précises qui lui permettent de faire une esquisse d'une solution positive par laquelle il termine son ouvrage. — B. E.

Bibliographie : Calcul et spécification des machines dynamoélectriques, par MILES WALKER, professeur d'électricité à la Faculté de Technologie de l'Université de Manchester, ingénieur-conseil à la Compagnie anglaise Westinghouse ; ouvrage traduit par J. KERALY, ingénieur E. S. E., ingénieur aux Forges et Aciéries de Dilling (2). — Dans cet important ouvrage, l'auteur s'est proposé d'exposer une méthode générale de calcul des machines dynamos qui est celle qu'emploient un grand nombre d'ingénieurs des compagnies anglaise et américaine Westinghouse. Il indique lui-même, dans les premières pages, les avantages de cette méthode.

La première partie de son travail est consacrée aux règles de ce calcul. Un grand nombre de compléments et de perfectionnements ayant été apportés par ceux qui l'ont employée, la méthode finit par devenir assez complexe dans ses détails, mais elle présente cet intérêt que ces modifications peuvent être employées ou laissées de côté suivant le temps dont on dispose pour les calculs.

La deuxième partie est relative à la spécification des machines ; on y examine comment doit être établie cette spécification et comment il faut appliquer les règles précédentes pour l'étude des détails de ces machines afin qu'elles satisfassent à la spécification. C'est une suite de nombreuses études présentées sous une forme intéressante, avec des tableaux de spécifications et des plans détaillés qui aident à la compréhension du texte et surtout facilitent l'application directe, dans l'industrie, de la méthode indiquée.

L'auteur ne considère pas ce travail comme définitif ; c'est, pour lui, un premier essai dans lequel il s'est limité à quelques-uns des cas usuels rencontrés dans le calcul et la construction des machines électriques. Il se réserve d'étudier, dans un prochain travail, les spécifications relatives aux machines plus spéciales, telles que les machines pour mines, trains de laminoirs.

Le traducteur de ce livre a eu soin, partout où l'ordre de grandeur a son importance, d'effectuer la conversion des unités anglaises en unités françaises. Toutefois, cette opération lui a paru sans nécessité dans le cas où la méthode de calcul était seulement intéresssante, les résultats n'étant qu'accessoires ; un tableau de correspondance des unités permet d'ailleurs au lecteur de faire rapidement cette conversion si elle lui parait utile.

Ce livre fera connaître à tous ceux qui ont à acheter et utiliser des machines sans être familiarisés avec les détails de la construction, quelles sont les garanties qu'il faut exiger et, au contraire, quels sont les points sur lesquels il convient de laisser toute latitude au constructeur. — B. E.

Bibliographie : Si j'étais ministre des Finances, par Jean LABADIE (1). — Ce livre inaugure la collection « Politeia », qui doit être consacrée à l'étude des questions politiques. L'auteur entreprend, d'abord, l'examen objectif, sincère et approfondi de notre situation financière ; il tâche ensuite d'édifier un système monétaire et fiscal cohérent et souple destiné à redresser cette situation.

Dans ce but, imaginant qu'il a été choisi comme ministre des Finances, il examine avec soin la situation qui lui est laissée et envisage les modifications proposées de divers côtés. Il expose alors son système basé sur la suppression de l'argent et son remplacement par des comptes en banque et l'usage composé du chèque pour toutes les transactions. Supposant, enfin, ce système, ainsi que le système fiscal qui en découle, appliqués, il essaye d'en faire la critique et de voir s'il répond bien à ce que l'on attendait de lui.

Tout en remarquant que les solutions qui sont ainsi apportées peuvent et doivent être discutées, cet ouvrage nous paraît contenir de très justes critiques de la situation et montre un effort sincère pour y remédier. — B. E.

(1) Un volume, format 20,5 cm × 13,5 cm, 260 pages, publié par la Société d'Etudes et d'Informations économiques, 282, boulevard Saint-Germain, Paris VIIe. Prix : 7 fr.

(2) Un volume, format 25 cm × 16 cm, 686 pages, 245 figures, 23 tableaux et 16 spécifications ; édité par la librairie Béranger, 15, rue des Saints-Pères, Paris. Prix : relié, 70 fr.

(1) Un volume, format de 19 cm × 13 cm, 274 pages, édité par la librairie Bernard Grasset, 61, rue des Saints-Pères, Paris (VIIe). Prix : broché, 6,75 fr.

Digitized by Google

SECTION SCIENTIFIQUE & TECHNIQUE

Quelques inégalités importantes de l'électrotechnique

L'auteur utilise les résultats d'une précédente étude relative à quelques théorèmes sur les oscillations propres des systèmes de circuits (Revue générale de l'Electricité, 6 mai 1922, t. XI, p. 656-661), pour démontrer certaines inégalités importantes de la théorie des circuits. Quelques-unes d'entre elles étaient la conclusion d'une étude précédente de M. Latour (L'Eclairage électrique, 1907). Elles sont obtenues ici, avec plusieurs autres, au moyen du théorème d'Hürwitz.

Soient, dans un système de n circuits, L_{pq}, C_{pq}, R_{pq}, l'induction mutuelle, la capacité commune et la résistance commune des circuits p et q; L_{pp}, C_{pp}, R_{pp}, la self-induction, la capacité totale et la résistance totale du circuit p. On sait que les intensités des oscillations propres d'un des circuits, celui de rang q, par exemple, sont données par des expressions de la forme :

$$(1) \qquad i_q = \sum_{k=1}^{k=n} B_{qk} e^{\theta_k t},$$

Les B_{qk} sont des constantes d'intégration ; les θ_k sont les m racines de l'équation

$$(2) \qquad \Delta(\theta) = \begin{vmatrix} L_{11}\theta^2 + R_{11}\theta + \frac{1}{C_{11}} & L_{12}\theta^2 + R_{12}\theta + \frac{1}{C_{12}} \ldots & L_{1n}\theta^2 + R_{1n}\theta + \frac{1}{C_{1n}} \\ L_{21}\theta^2 + R_{21}\theta + \frac{1}{C_{21}} & L_{22}\theta^2 + R_{22}\theta + \frac{1}{C_{22}} \ldots & L_{2n}\theta^2 + R_{2n}\theta + \frac{1}{C_{2n}} \\ \ldots & \ldots & \ldots \\ L_{n1}\theta^2 + R_{n1}\theta + \frac{1}{C_{n1}} & L_{n2}\theta^2 + R_{n2}\theta + \frac{1}{C_{n2}} \ldots & L_{nn}\theta^2 + R_{nn}\theta + \frac{1}{C_{nn}} \end{vmatrix} = 0.$$

Le déterminant Δ est de degré $2n$ et l'équation $\Delta = 0$ a un nombre de racines, en général, égal à $2n$; $m = 2n$.

S'il n'y a pas de capacités dans le système, $C_{pq} = \infty$ et l'équation (2) prend la forme

$$(3) \qquad \Delta = \begin{vmatrix} L_{11}\theta + R_{11} & L_{12}\theta + R_{12} \ldots & L_{1n}\theta + R_{1n} \\ L_{21}\theta + R_{21} & L_{22}\theta + R_{22} \ldots & L_{2n}\theta + R_{2n} \\ \ldots & \ldots & \ldots \\ L_{n1}\theta + R_{n2} & L_{n2}\theta + R_{n2} \ldots & L_{nn}\theta + R_{nn} \end{vmatrix} = 0.$$

On sait que, dans ce cas, toutes les racines sont réelles et négatives (1).

S'il n'y a pas de self-inductions ni d'inductions mutuelles dans le système, l'équation (2) prend la forme

$$(4) \qquad \Delta = \begin{vmatrix} R_{11}\theta + \frac{1}{C_{11}} & R_{12}\theta + \frac{1}{C_{12}} \ldots & L_{1n}\theta + \frac{1}{C_{1n}} \\ R_{21}\theta + \frac{1}{C_{21}} & R_{22}\theta + \frac{1}{C_{22}} \ldots & L_{2n}\theta + \frac{1}{C_{2n}} \\ \ldots & \ldots & \ldots \\ R_{n1}\theta + \frac{1}{C_{n1}} & R_{n2}\theta + \frac{1}{C_{n2}} \ldots & L_{nn}\theta + \frac{1}{C_{nn}} \end{vmatrix} = 0,$$

et toutes les racines sont encore négatives.

Enfin, s'il n'y a pas de résistances dans le système, l'équation (2) devient

$$(5) \qquad \Delta = \begin{vmatrix} L_{11}\theta^2 + \frac{1}{C_{11}} & L_{12}\theta^2 + \frac{1}{C_{12}} \ldots & L_{1n}\theta^2 + \frac{1}{C_{1n}} \\ L_{21}\theta^2 + \frac{1}{C_{21}} & L_{22}\theta^2 + \frac{1}{C_{22}} \ldots & L_{2n}\theta^2 + \frac{1}{C_{2n}} \\ \ldots & \ldots & \ldots \\ L_{n1}\theta^2 + \frac{0}{C_{n1}} & L_{n2}\theta^2 + \frac{1}{C_{n2}} \ldots & L_{nn}\theta^2 + \frac{1}{C_{nn}} \end{vmatrix} = 0.$$

et toutes les racines de l'équation en θ sont purement imaginaires, c'est dire que toutes les racines de l'équation en θ^2 sont réelles et négatives.

En résumé, dans les trois cas considérés, l'équation (2) prend la forme

$$(6) \qquad \Delta = \begin{vmatrix} G_{11}x + H_{11} & G_{12}x + H_{12} \ldots & G_{1n}x + H_{1n} \\ G_{21}x + H_{21} & G_{22}x + H_{22} \ldots & G_{2n}x + H_{2n} \\ \ldots & \ldots & \ldots \\ G_{n1}x + H_{n1} & G_{n2}x + H_{n2} \ldots & G_{nn}x + H_{nn} \end{vmatrix} = 0,$$

G et H remplaçant deux des symboles L, R, $\frac{1}{C}$ et x étant mis pour θ ou θ^2; mais, dans tous les cas, l'équation $\Delta = 0$ n'a pas de racine à partie réelle positive.

On peut en déduire certaines relations entre les coefficients caractéristiques des circuits : self-inductions, inductions mutuelles, capacités, résistances.

(1) Voir, en particulier : Quelques théorèmes sur les oscillations propres des systèmes de circuits; Léon Bouthillon. *Revue générale de l'Electricité*, 6 mai 1922, t. XI, p. 656-661.

Digitized by Google

Démontrons d'abord qu'on a, entre les différentes résistances, la relation

$$(7)\qquad M_n = \begin{vmatrix} R_{11} & R_{12} & R_{13} \dots & R_{1n} \\ R_{21} & R_{22} & R_{23} \dots & R_{2n} \\ R_{31} & R_{32} & R_{33} \dots & R_{3n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ R_{n1} & R_{n2} & R_{n3} \dots & R_{nn} \end{vmatrix} > 0.$$

Supposons, en effet, qu'au système de n circuits on applique une seule force électromotrice constante E_1 placée dans le circuit 1. Les équations des courants sont

$$(8)\qquad \begin{cases} R_{11}i_1 + R_{12}i_2 + \dots + R_{1n}i_n = E_1 \\ R_{21}i_1 + R_{22}i_2 + \dots + R_{2n}i_n = 0 \\ \dots \\ R_{n1}i_1 + R_{n2}i_2 + \dots + R_{nn}i_n = 0, \end{cases}$$

équations dont la résolution donne

$$(43)\qquad i_1 = E_1 \frac{M_{n-1}}{M_n};$$

i_1 ne pouvant être que du signe de E_1, M_{n-1} et M_n sont de même signe. On en déduit, de proche en proche, que M_1, M_2, ... M_n, sont tous de même signe. Mais M_1, qui est égal à R_{11}, est positif. D'où cette conclusion que tous les déterminants M_n sont positifs.

J'utiliserai maintenant le théorème d'Hürwitz, dont M. Blondel a tiré récemment un très heureux parti pour l'étude des systèmes à oscillations persistantes. D'après ce théorème, les conditions nécessaires et suffisantes pour que l'équation du $n^{ème}$ degré en x

$$(50)\qquad a_0x^n + a_1x^{n-1} + \dots + a_{n-1}x + a_n = 0,$$

(où a_0 est supposé positif) ne comporte aucune racine ayant une partie réelle positive sont que le déterminant

$$(9)\qquad \Theta = \begin{vmatrix} a_1 & a_0 & 0 & 0 & 0 & \dots \\ a_3 & a_2 & a_1 & a_0 & 0 & \dots \\ a_5 & a_4 & a_3 & a_2 & a_1 & \dots \\ a_7 & a_6 & a_5 & a_4 & a_3 & \dots \\ a_9 & a_8 & a_7 & a_6 & a_5 & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \end{vmatrix}$$

ait ses n premiers mineurs (ceux qui sont encadrés par des lignes de tirets) positifs.

Ecrivons ces déterminants. On doit avoir :

$$(10)\qquad \begin{cases} \Gamma_1 = a_1 > 0, \\ \Gamma_2 = a_1a_2 - a_0a_3 > 0, \\ \Gamma_3 = a_3(a_1a_2 - a_0a_3) + a_1(a_0a_5 - a_1a_4) > 0, \\ \dots \\ \Gamma_n = \Gamma_{n-1} \times a_n > 0 \text{ ; d'où } a_n > 0. \end{cases}$$

Si l'équation considérée n'a aucune racine à partie réelle positive, il en est de même de l'équation inverse

$$(11)\qquad a_0 + a_1x + \dots + a_{n-1}x^{n-1} + a_nx^n = 0.$$

On en déduit, en appliquant le théorème d'Hürwitz à cette équation,

$$(12)\qquad a_{n-1} > 0.$$

En résumé, a_0, a_1, a_{n-1}, a_n, sont tous de même signe.

Considérons maintenant les équations (6).

On a

$$(13)\qquad a_0 = \begin{vmatrix} G_{11} & G_{12} & G_{13} \dots & G_{1n} \\ G_{21} & G_{22} & G_{23} \dots & G_{2n} \\ G_{31} & G_{32} & G_{33} \dots & G_{3n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ G_{n1} & G_{n2} & G_{n3} \dots & G_{nn} \end{vmatrix}.$$

$$(14)\qquad a_n = \begin{vmatrix} H_{11} & H_{12} & H_{13} \dots & H_{1n} \\ H_{21} & H_{22} & H_{23} \dots & H_{2n} \\ H_{31} & H_{32} & H_{33} \dots & H_{3n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ H_{n1} & H_{n2} & H_{n3} \dots & H_{nn} \end{vmatrix}.$$

$$(15)\qquad a_1 = \begin{vmatrix} H_{11} & G_{12} & G_{13} \dots & G_{1n} \\ H_{21} & G_{22} & G_{23} \dots & G_{2n} \\ H_{31} & G_{32} & G_{33} \dots & G_{3n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ H_{n1} & G_{n2} & G_{n3} \dots & G_{nn} \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} G_{11} & H_{12} & G_{13} \dots & G_{1n} \\ G_{21} & H_{22} & G_{23} \dots & G_{2n} \\ G_{31} & H_{32} & G_{33} \dots & G_{3n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ G_{n1} & H_{n2} & G_{n3} \dots & G_{nn} \end{vmatrix} + \dots + \begin{vmatrix} G_{11} & G_{12} & G_{13} \dots & H_{1n} \\ G_{21} & G_{22} & G_{23} \dots & H_{2n} \\ G_{31} & G_{32} & G_{33} \dots & H_{3n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ G_{n1} & G_{n2} & G_{n3} \dots & H_{nn} \end{vmatrix}.$$

$$(16)\qquad a_{n-1} = \begin{vmatrix} G_{11} & H_{12} & H_{13} \dots & H_{1n} \\ G_{21} & H_{22} & H_{23} \dots & H_{2n} \\ G_{31} & H_{32} & H_{33} \dots & H_{3n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ G_{n1} & H_{n2} & H_{n3} \dots & H_{nn} \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} H_{11} & G_{12} & H_{13} \dots & H_{1n} \\ H_{21} & G_{22} & H_{23} \dots & H_{2n} \\ H_{31} & G_{32} & H_{33} \dots & H_{3n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ H_{n1} & G_{n2} & H_{n3} \dots & H_{nn} \end{vmatrix} + \dots + \begin{vmatrix} H_{11} & H_{12} & H_{13} \dots & G_{1n} \\ H_{21} & H_{22} & H_{23} \dots & G_{2n} \\ H_{31} & H_{32} & H_{33} \dots & G_{3n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ H_{n1} & H_{n2} & H_{n3} \dots & G_{nn} \end{vmatrix}.$$

Digitized by Google

Je désignerai par $a_0\left(L, \frac{1}{C}\right)$ le coefficient a_0 correspondant au déterminant Δ pour lequel G est remplacé par L et H par $\frac{1}{C}$, et j'emploierai des notations semblables pour les autres coefficients et les différents couples $L, \frac{1}{C}$; L, R; $R, \frac{1}{C}$.

On a, entre les différents coefficients, les relations

$$a_0\left(L, \frac{1}{C}\right) = a_0(L, R), \tag{17}$$

$$a_n\left(R, \frac{1}{C}\right) = a_n\left(L, \frac{1}{C_1}\right), \tag{18}$$

$$a_n(L, R) = a_0\left(R, \frac{1}{C}\right). \tag{19}$$

Les équations $\Delta = 0$ n'ayant aucune racine à partie réelle positive,

$$\left.\begin{array}{llll} a_0\left(L, \frac{1}{C}\right), & a_1\left(L, \frac{1}{C}\right), \ldots a_{n-1}\left(L, \frac{1}{C}\right), & a_n\left(L, \frac{1}{C}\right) \\ a_0(L, R), & a_1(L, R), \ldots a_{n-1}(L, R), & a_n(L, R) \\ a_0\left(R, \frac{1}{C}\right), & a_1\left(R, \frac{1}{C}\right), \ldots a_{n-1}\left(R, \frac{1}{C}\right), & a_n\left(R, \frac{1}{C}\right) \end{array}\right\} \text{sont tous de même signe}$$

et, d'après les équations précédentes, qui relient les coefficients correspondants aux différentes équations, le signe est le même pour les douze coefficients écrits. Mais $a_n(L, R)$ est égal au déterminant M_n, que nous avons étudié plus haut. Il est donc positif et il en est de même de tous les coefficients $a_0, a_1, \ldots a_{n-1}, a_n$.

Il en est encore ainsi des n premiers mineurs du déterminant d'Hürwitz, pour les équations $\Delta = 0$. Cette condition donnerait une série de relations qu'il serait trop long d'écrire.

On a, en particulier,

$$a_0\left(L, \frac{1}{C}\right), \quad a_n\left(L, \frac{1}{C}\right), \quad a_n(L, R) > 0,$$

soit

$$\begin{vmatrix} L_{11} & L_{12} & L_{13} & \ldots & L_{1n} \\ L_{21} & L_{22} & L_{23} & \ldots & L_{2n} \\ L_{31} & L_{32} & L_{33} & \ldots & L_{3n} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ L_{n1} & L_{n2} & L_{n3} & \ldots & L_{nn} \end{vmatrix} > 0; \tag{20}$$

$$\begin{vmatrix} \frac{1}{C_{11}} & \frac{1}{C_{12}} & \frac{1}{C_{13}} & \ldots & \frac{1}{C_{1n}} \\ \frac{1}{C_{21}} & \frac{1}{C_{22}} & \frac{1}{C_{23}} & \ldots & \frac{1}{C_{2n}} \\ \frac{1}{C_{31}} & \frac{1}{C_{32}} & \frac{1}{C_{33}} & \ldots & \frac{1}{C_{3n}} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \frac{1}{C_{n1}} & \frac{1}{C_{n2}} & \frac{1}{C_{n3}} & \ldots & \frac{1}{C_{nn}} \end{vmatrix} > 0; \tag{21}$$

$$\begin{vmatrix} R_{11} & R_{12} & R_{13} & \ldots & R_{1n} \\ R_{21} & R_{22} & R_{23} & \ldots & R_{2n} \\ R_{31} & R_{32} & R_{33} & \ldots & R_{3n} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ R_{n1} & R_{n2} & R_{n3} & \ldots & R_{nn} \end{vmatrix} > 0. \tag{22}$$

La première de ces inégalités a été écrite, en 1907, par Marius Latour.

Elle donne, dans le cas de deux circuits,

$$L_{11} L_{22} - L_{12}^2 > 0. \tag{23}$$

C'est l'inégalité bien connue, d'après laquelle le coefficient d'induction mutuelle de deux circuits est inférieur au produit des self-inductions.

Dans le cas de deux circuits, les coefficients a_{n-1}, a_1, s'écrivent

$$\begin{vmatrix} L_{11} & R_{12} \\ L_{21} & R_{22} \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} R_{11} & L_{12} \\ R_{21} & L_{22} \end{vmatrix} > 0,$$

ou

$$L_{11} R_{22} + L_{22} R_{11} - (L_{21} R_{12})^2 > 0; \tag{24}$$

de même,

$$L_{11} \frac{1}{C_{22}} + L_{22} \frac{1}{C_{11}} - \left(L_{12} \frac{1}{C_{12}}\right)^2 > 0 \tag{25}$$

et

$$R_{11} \frac{1}{C_{22}} + R_{22} \frac{1}{C_{11}} - \left(R_{12} \frac{1}{C_{12}}\right)^2 > 0. \tag{26}$$

Cette dernière relation est d'ailleurs évidente puisque

$$R_{12} < R_{11}, \quad \frac{1}{C_{12}} < \frac{1}{C_{11}}.$$

$$R_{12} < R_{22}, \quad \frac{1}{C_{12}} < \frac{1}{C_{22}}.$$

Léon Bouthillon,
Ingénieur en chef des Télégraphes

Digitized by Google

Diagramme des machines synchrones saturées

Le fonctionnement des machines synchrones à caractéristique linéaire est donné par des diagrammes déduits des théories de Potier ou de Blondel. La présente étude a pour objet de donner une méthode générale permettant de passer du diagramme de fonctionnement d'une machine non saturée à celui d'une machine saturée.

I. — Nous avons donné dans une étude antérieure (1) une construction permettant de tracer le diagramme de fonctionnement d'une machine synchrone saturée.

Nous n'avions considéré que le cas des alternateurs à inducteur cylindrique et à enroulements répartis ; le diagramme vectoriel de Potier qui était à la base de cette construction n'est applicable en effet qu'à ces machines.

Nous nous proposons, actuellement, de revenir sur cette construction que nous retrouverons par une méthode plus simple et plus générale. Cette méthode nous permettra également de déduire la construction qui convient pour les machines à pôles saillants en appliquant le diagramme des deux réactions de Blondel.

Le principe de cette méthode est de comparer la machine réelle à une machine fictive non saturée qui n'en diffère que par la caractéristique. Les résistances, les réactances de dispersion et les coefficients de réaction des deux machines restent les mêmes. La caractéristique de la machine fictive est une droite dont le coefficient est arbitraire. Nous supposerons que, pour les deux machines, la tension aux bornes, l'excitation et le décalage de l'inducteur sont les mêmes.

II. — Considérons d'abord les machines pour lesquelles le diagramme de Potier s'applique.

Appelons U la tension aux bornes d'une phase ;

$\bar{Z}I$, la chute de tension due à la résistance et à la réactance de dispersion de l'induit ; $\bar{Z}$ a donc une partie réelle R et une partie imaginaire $\omega\mathcal{L}$;

E, la force électromotrice résultante ;

A_m, la valeur des ampères-tours magnétisants correspondant à cette force électromotrice, $E = f(A_m)$;

aI, la valeur de la réaction d'induit ;

A_1, la valeur des ampères-tours d'excitation sur l'inducteur.

Ces différentes grandeurs sont reliées par les deux relations suivantes

$$\left.\begin{aligned} E &= U + \bar{Z}I, \\ A_1 &= A_m + aI. \end{aligned}\right\} \quad (I)$$

Considérons maintenant l'alternateur fictif pour lequel les grandeurs précédentes seront désignées par des lettres accentuées ; sa caractéristique sera

$$E' = \alpha A'_m.$$

On aura

$$\left.\begin{aligned} E' &= U + \bar{Z}I', \\ A_1 &= A'_m + aI', \end{aligned}\right\} \quad (II)$$

La deuxième relation du système (II) s'écrit

$$\alpha A_1 = \alpha A'_m + \alpha aI = E' + aI',$$

On tire de là

$$\frac{E' - U}{\alpha A_1 - E'} = \frac{\bar{Z}}{\alpha a}. \quad (III)$$

D'autre part, en combinant les systèmes (I) et (II), on trouve

$$E' - E = \bar{Z}(I' - I),$$

et

$$A_m - A'_m = a(I' - I),$$

ou

$$\alpha A_m - E' = \alpha a(I' - I);$$

d'où on tire

$$\frac{E' - E}{\alpha A_m - E'} = \frac{\bar{Z}}{\alpha a}. \quad (IV)$$

La construction géométrique se déduit des deux relations (III) et (IV).

Dans le diagramme de la figure 1, nous avons fait tourner de 90° le triangle des ampères-tours dont les côtés ont été multipliés par la valeur α (analytiquement ceci revient à donner à α une valeur imaginaire).

Soient

$$OB = U, \quad OG = \alpha A_1, \quad OM = E' = \alpha A'_m,$$
$$OD = E \quad \text{et} \quad OF = \alpha A_m ;$$

les relations (III) et (IV) donnent

$$\frac{MB}{GM} = \frac{\bar{Z}}{\alpha a}; \quad (III)$$

$$\frac{MD}{FM} = \frac{\bar{Z}}{\alpha a}. \quad (IV)$$

L'interprétation géométrique est la suivante : considérons le triangle RST obtenu en portant les lon-

(1) G.-H. PERRIN. *Revue générale de l'Électricité*, 17 juillet 1920, t. VIII, p. 67-73.

Digitized by Google

gueurs QR, QS, ST, proportionnelles à R, ωL, αa respectivement; les relations (3') et (4') expriment que les triangles BMG et DMF sont semblables au triangle RST.

Connaissant les extrémités B et G des vecteurs représentant la tension aux bornes et l'excitation, on déterminera le point M sur le diagramme de la figure 1.

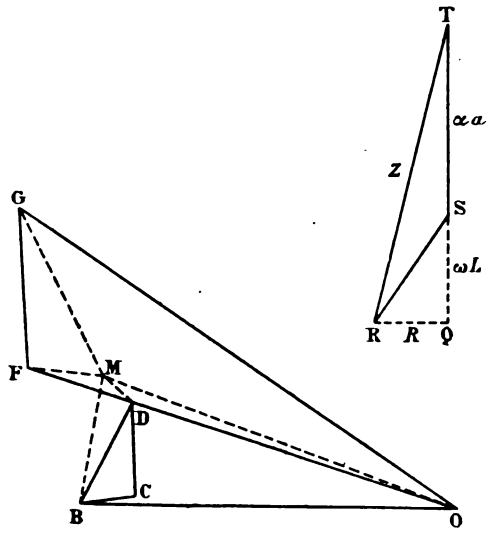


Fig. 1.

D'autre part, sur la caractéristique (fig. 2), menons une droite OF_1 ayant le coefficient angulaire α. On aura $O_1D_1 = OD$, $O_1F_1 = OF$; construisons le

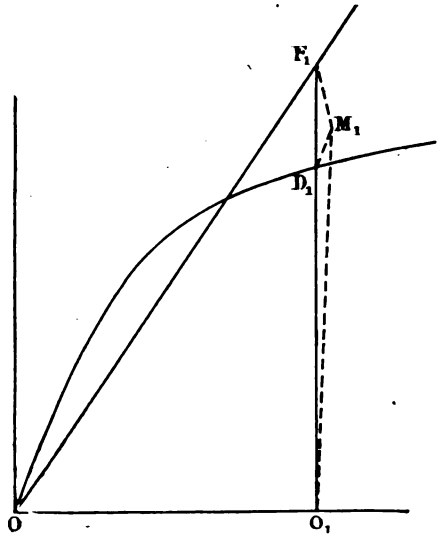


Fig. 2.

triangle $D_1M_1F_1$ semblable au triangle RST; on a $O_1M_1 = OM$. Inversement pour tout point donné M de la figure 1 on cherchera le point correspondant M_1 de la figure 2, ce qui déterminera les points D_1 et F_1 et, par suite, les points D et E.

On retrouve la construction que nous avons donnée anciennement.

L'intensité est donnée, à un facteur près, par les vecteurs FG ou BD.

III. — Considérons maintenant les machines synchrones à pôles saillants; la base de notre construction sera le diagramme de Blondel (fig. 3).

Soient

$$OB = U, \quad BC = RI, \quad CK = \omega LI.$$

Portons $KL = \omega\lambda I$ et du point K abaissons la per-

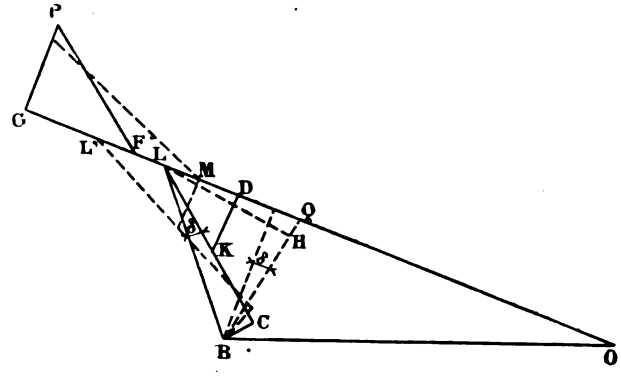


Fig. 3.

pendiculaire à OL; KD est la chute de tension due à la réaction transversale;

$OD = E$ est la force électromotrice qui est produite par les ampères-tours magnétisants A_m; nous porterons

$$OF = \alpha A_m,$$

α étant un coefficient arbitraire.

Portons $FP = \alpha aI$; sa projection FG sur la direction OL représente la réaction d'induit longitudinale; $OG = \alpha A_i$ donne les ampères-tours d'excitation.

Nous utiliserons le coefficient Z tel que $BL = ZI$ et l'angle $\widetilde{BLC} = \delta$.

Du point B menons une droite BQ faisant l'angle δ avec la perpendiculaire à OL, et du point L abaissons une perpendiculaire LH sur cette droite : les deux triangles rectangles LKD et LBH sont semblables. On a donc

$$\frac{LD}{LH} = \frac{LK}{LB} = \frac{\omega\lambda}{Z}.$$

D'autre part,

$$LH = LQ \cos\delta;$$

donc

$$LD = LQ \frac{\omega\lambda}{Z} \cos\delta,$$

Digitized by Google

et

$$DQ = LQ\left(1 - \frac{\omega\lambda}{Z}\cos\delta\right).$$

On trouve également

$$FG = LD\,\frac{\alpha a}{\omega\lambda} = LQ\,\frac{\alpha a}{Z}\cos\delta. \qquad (I'')$$

Comme application du principe énoncé, considérons un alternateur non saturé pour lequel

$$E' = \alpha A'_m.$$

Soit

$$OM = E' = \alpha A'_m.$$

Si on considère le diagramme de cet alternateur fictif, on trouve

$$\left.\begin{aligned} MQ &= L'Q\left(-\frac{\omega\lambda}{Z}\cos\delta\right),\\ MG &= L'Q\,\frac{\alpha a}{Z}\cos\delta. \end{aligned}\right\} \qquad (II'')$$

Des systèmes (I) et (II), on tire

$$\frac{MQ}{MG} = \frac{Z - \omega\lambda\cos\delta}{\alpha a\cos\delta}, \qquad (III'')$$

et

$$\frac{MD}{MF} = \frac{Z - \omega\lambda\cos\delta}{a\alpha\cos\delta}. \qquad (IV'')$$

La construction géométrique est analogue à celle qui est donnée dans le premier paragraphe. La relation (III) permet de tracer le lieu du point M dans le diagramme de la figure 3 et la relation (IV) permet de tracer le lieu du même point sur la caractéristique (fig. 4); en faisant correspondre les deux figures, on déterminera les points D et F.

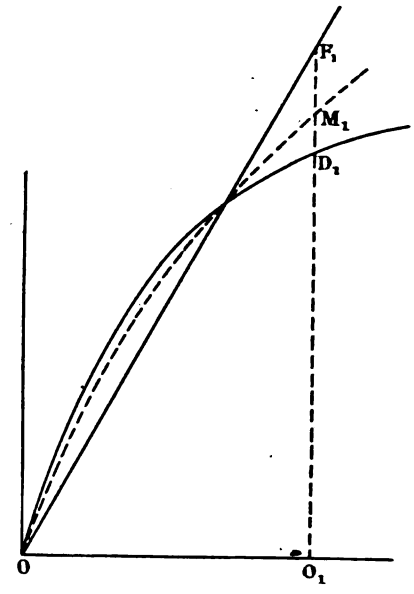


Fig. 4.

On pourra aussi déterminer le point L en prenant

$$QL = \frac{QD}{1 - \frac{\omega\lambda}{Z}\cos\delta}.$$

La longueur BL est proportionnelle à l'intensité.

IV. Remarque générale. — Dans l'étude du fonctionnement en un point de la caractéristique, il sera particulièrement intéressant de prendre, pour caractéristique de l'alternateur fictif, une droite passant par le point considéré; de cette façon les corrections dues à la saturation se trouvent réduites au minimum.

Gabriel-Henri Perrin,
Ingénieur E. P. C. I.

Revues, analyses et informations

Influence du changement de la fréquence sur les caractéristiques des moteurs d'induction polyphasés (1).

La fréquence est ordinairement considérée, pour l'utilisation des moteurs, comme une constante; en pratique, cependant, il existe de nombreux cas où elle est brusquement modifiée pour un moteur donné. Or le changement de la fréquence affecte toutes les caractéristiques du moteur, mais — au moins pour les petits et moyens moteurs — l'influence sur l'échauffement et sur la puissance est seule de réelle importance. L'échauffement ne peut pas être déterminé sans faire des hypothèses arbitraires sur la variation des pertes avec la fréquence et sur celle des facteurs intéressant la ventilation en fonction de la vitesse; mais la détermination de la puissance pour une fréquence en partant de celle qui est connue pour une autre fréquence est, en théorie, très simple. L'objet de cet article est de montrer que, pour quelques-uns des éléments de cette puissance, le quotient des valeurs pour deux fréquences différentes dépend seulement du quotient de ces dernières et d'une fonction simple des constantes du moteur et que, avec l'aide

(1) J.-K. Kostko. *Electrician*, 15 septembre 1922, t. LXXXIX, p. 286-287, 2 000 mots, 5 fig.

Digitized by Google

des courbes données ci-après il est possible de trouver ce quotient sans calcul.

Pour plus de simplicité, cette étude est basée sur le diagramme du cercle approximatif de la figure 1, mais il serait facile de montrer que les résultats sont vrais pour le diagramme exact de la figure 2.

Appelons E_1, la tension à la fréquence f_1 ; r_1 et x_1, la résistance et la réactance du stator ; r_2 et x_2, celles du rotor

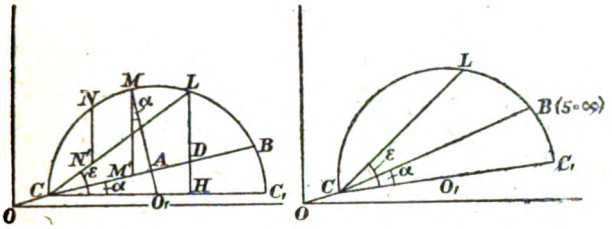


Fig. 1. Diagramme approché du cercle pour moteur d'induction polyphasé. — Fig. 2. Diagramme exact.

(quantités réduites à celles du primaire). Sur la figure 1, CB représente la ligne des pertes totales dans le cuivre ; L est le point correspondant au démarrage.

Dans ces conditions on a

$$HD = \frac{CL^2 r_1}{E_1}; \quad DL = \frac{CL^2 r_2}{E_1}; \quad CC_1 = \frac{E_1}{x_1 + x_2},$$

et par conséquent, pour la fréquence f_1,

$$\operatorname{cotg} \alpha = \frac{CH}{HD} = \frac{x_1 + x_2}{r_1} = m, \qquad (1)$$

On a de même

$$\operatorname{cotg} \varepsilon = \frac{x_1 + x_2}{r_1 + r_2} = n, \qquad (2)$$

Appelons M et N les points correspondant au couple maximum et à la puissance maximum; soit R le rayon du cercle ; si MA est perpendiculaire sur CB, le couple maximum, en watts synchrones, T_1' est

$$E_1 \times MM' = E_1 \frac{MA}{\cos \alpha} = E_1 \frac{R - R \sin \alpha}{\cos \alpha} =$$

$$\frac{E_1^2}{2(x_1 + x_2)} \times \frac{\operatorname{cotg} \alpha}{1 + \sqrt{1 + \operatorname{cotg}^2 \alpha}} = \frac{E_1^2}{2 r_1} \frac{1}{1 + \sqrt{1 + m_1^2}} \qquad (3).$$

La puissance maximum P_1, en watts, est donnée par un calcul analogue

$$P_1 = E_1 \times NN' = \frac{E_1^2}{2(r_1 + r_2)} \frac{1}{1 + \sqrt{1 + n_1^2}}, \qquad (4)$$

et le couple de démarrage S_1' en watts synchrones

$$S_1' = CL^2 \times r_2 = CC_1^2 \cos^2 \varepsilon \, r_2 = \frac{E_1^2 r_2}{(r_1 + r_2)^2} \frac{1}{1 + n_1^2}, \qquad (5)$$

Soient maintenant T_2', P_2, S_2' et E_2, les mêmes quantités que ci-dessus, pour la fréquence f_2. Puisque m et n sont proportionnels à la fréquence, on obtiendra T_2', P_2 et S_2' par les équations (3), (4) et (5) en substituant aux valeurs E_1, m_1 et n_1 les valeurs

$$E_2, \; m_1 \frac{f_2}{f_1}, \; n_1 \frac{f_2}{f_1}$$

et le quotient $\frac{T_2'}{T_1'}$ contiendra le facteur $\left(\frac{E_2}{E_1}\right)^2$.

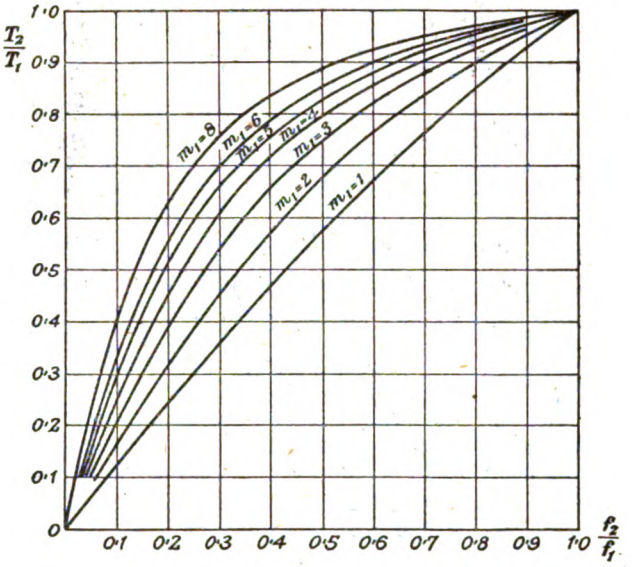


Fig. 3. — Courbes donnant le rapport des couples maxima en fonction du rapport des fréquences.

Mais, lorsqu'on adapte un moteur à une nouvelle fréquence, on conserve généralement la même induction, c'est-

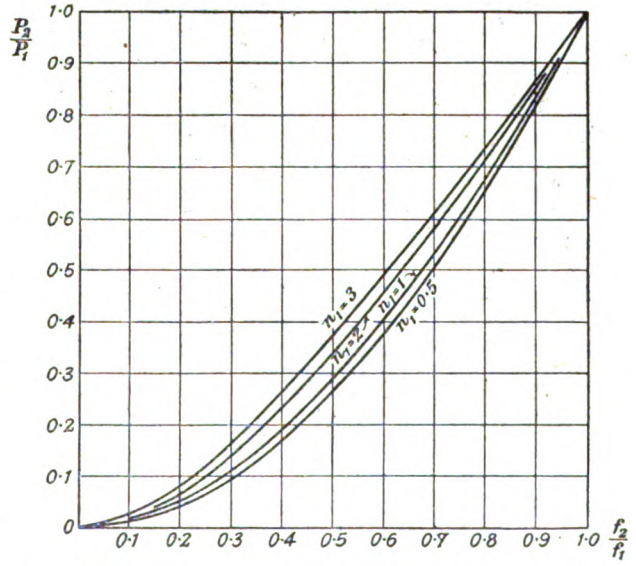


Fig. 4. — Courbes donnant le rapport des puissances maxima en fonction du rapport des fréquences.

à-dire que l'on a $\frac{E_2}{E_1} = \frac{f_2}{f_1}$. Cette hypothèse est supposée réalisée dans cet article.

Digitized by Google

Si T et S sont alors les *couples mécaniques* maxima et de démarrage, on a $T_1' = T_1\,\omega$ et l'on peut écrire

$$\frac{T_2}{T_1} = \frac{T'_2}{T'_1} \times \frac{f_1}{f_2} \quad \text{et} \quad \frac{S_2}{S_1} = \frac{S_2'}{S_1'} \cdot \frac{f_2}{f_1} \quad \text{et, comme} \quad \frac{E_2}{E_1} = \frac{f_2}{f_1}$$

$$\frac{T_2}{T_1} = \frac{f_2}{f_1} \frac{1 + \sqrt{1 + m_1^2}}{1 + \sqrt{1 + \left(m_1 \frac{f_2}{f_1}\right)^2}}, \qquad (6)$$

$$\frac{P_2}{P_1} = \left(\frac{f_2}{f_1}\right)^2 \frac{1 + \sqrt{1 + n_1^2}}{1 + \sqrt{1 + \left(n_1 \frac{f_2}{f_1}\right)^2}}, \qquad (7)$$

$$\frac{S_2}{S_1} = \frac{f_2}{f_1} \frac{1 + n_1^2}{1 + \left(n_1 \frac{f_2}{f_1}\right)^2}. \qquad (8)$$

Chacun de ces rapports ne contient que $\frac{f_2}{f_1}$ et l'une des constantes m et n; il est donc possible de représenter les équations (6). (7) et (8) par des courbes donnant $\frac{T_2}{T_1}$, etc,, en fonction de $\frac{f_2}{f_1}$ et calculées pour un nombre suffisant de valeurs de m et de n. Les figures 3, 4 et 5 donnent ces courbes utilisables pour une série de moteurs dont la puissance est comprise entre une fraction de cheval et environ 50 ch.

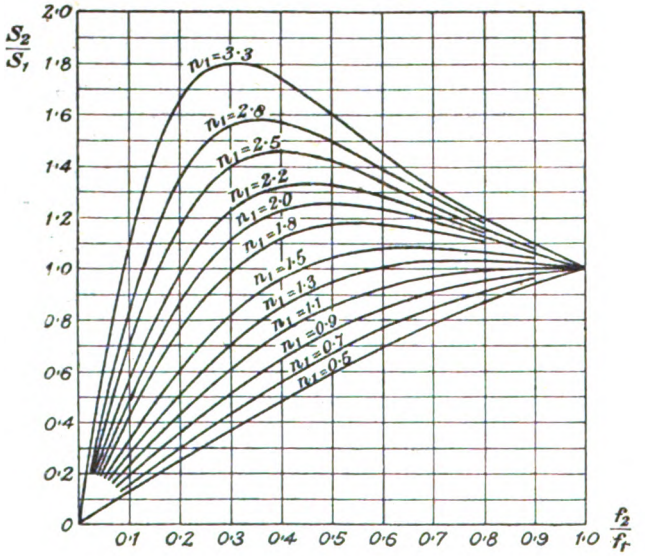


Fig. 5. — Courbes donnant le rapport des couples de démarrage en fonction du rapport des fréquences.

Ces courbes peuvent servir à en tracer d'autres pour des valeurs données de m et n; elles peuvent également être utilisées dans le cas où le moteur est rebobiné pour une nouvelle fréquence. — B. E.

Détermination graphique de la chute de tension en courant triphasé, d'après Hochenegg (1).

Le procédé dont il s'agit est connu depuis longtemps, car il date des débuts de l'emploi des courants alternatifs. On sait que la résistance apparente d'une canalisation présentant de la self-induction est de la forme

$$\mathcal{R} = R + L\omega j,$$

ce qui permet d'écrire, entre le courant et la chute de tension, la relation

$$\frac{e}{R + L\omega j} = \frac{e\,(R - L\omega j)}{R^2 + L^2\omega^2} = a - bj = i$$

et

$$\frac{1}{\mathcal{R}} = \frac{1}{R + L\omega j} = \frac{R - L\omega j}{R^2 + L^2\omega^2} = \alpha - \beta j.$$

La construction graphique consiste à représenter dans l'espace la composante réelle négative de la conductance suivant une direction $-x$ et la composante imaginaire ou inductive, suivant une direction $+y$ perpendiculaire à $-x$. A la place de la direction y de la construction en courant continu, on introduit une direction z suivant laquelle on trace la composante réelle du courant, la composante imaginaire étant menée suivant la direction $-y$. Le courant résultant est représenté par la droite P située en dehors des deux plans de référence (fig. 1). On obtient de la même

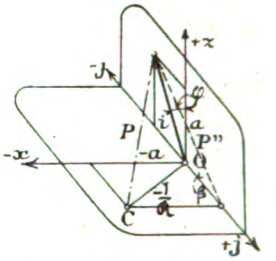


Fig. 1. — Détermination graphique des courants sur un réseau triphasé.

manière les différents courants résultant des diverses caractéristiques d'un circuit donné et on porte les différents vecteurs qui les représentent suivant un polygone funiculaire. D'autre part, on trace un vecteur égal à $\frac{1}{\mathcal{R}}$, et on décrit un demi-cercle sur ce vecteur comme diamètre. Ces valeurs réelles et imaginaires de la conductance coupent ce demi-cercle en un point S (fig. 2) qu'on joint aux extrémités de

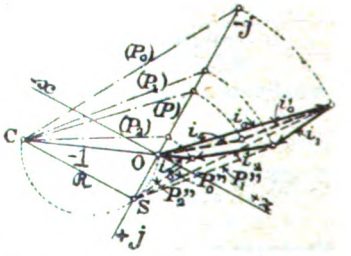


Fig. 2. — Utilisation des résultats précédents pour déterminer la chute de tension sur un réseau triphasé.

vecteurs représentant les courants. Par un rabattement on aura alors en P_0, P_1, etc., la valeur des courants résultants dans la ligne, ce qui permet de calculer la chute de tension par un simple changement d'échelle. — J. C.

(1) Richard Hiecke. *E. u, M.*, 21 mai 1922, t. XL, p. 241-242, 2 000 mots, 3 fig.

Digitized by Google

SECTION INDUSTRIELLE

L'exploitation électrique des puits pétrolifères en Roumanie

L'emploi des moteurs électriques tend à se généraliser en Roumanie par suite de leur utilisation dans l'industrie pétrolifère, aussi bien pour le forage des puits que pour l'extraction du pétrole qui fait la richesse de ce pays. Mais les moteurs ordinaires et l'appareillage industriel courant ne sauraient convenir pour cet usage à cause des risques d'incendie qu'ils présenteraient dans une atmosphère chargée de vapeurs inflammables. Les auteurs, après quelques notes sur la production du pétrole en Roumanie et sur les moyens d'extraction utilisés, décrivent un matériel électrique spécialement agencé pour donner toute satisfaction dans les conditions particulières à cette industrie.

I. Production du pétrole. Description des puits et de leur forage. — Production du pétrole. — Le pétrole est une des principales sources de richesses de la Roumanie. Il est appelé, en même temps que les céréales et les bois, à contribuer pour une très large part au rétablissement de la valeur commerciale du pays, lorsque les transports y auront été réorganisés pour permettre, sur une grande échelle, la reprise des exportations.

La production du pétrole roumain était avant-guerre de 13 554 768 barils, alors que la production mondiale a atteint 740 000 000 barils (1) en 1921.

Si on compare à la production française de Pechelbronn, en Alsace, qui est de 60 000 t par an, on voit que la Roumanie extrait environ quarante fois plus de pétrole que la France.

La Roumanie a beaucoup souffert de la guerre. Elle a été obligée de détruire et d'incendier un grand nombre de sondes (2) pétrolifères de telle sorte que sa participation à la production mondiale de pétrole brut a rétrogradé de 1913 à 1918, comme l'indiquent les nombres suivants qui donnent, en centièmes, la proportion de sa production par rapport à la production mondiale.

1913.....	3,53	centièmes
1914.....	3,21	id
1915.....	2,81	id
1916..	2,23	id
1917.....	0,53	id
1918.....	1,70	id

A côté de la question du matériel détruit pendant la guerre, il faut citer également l'insuffisance de transport par terre qui a gêné considérablement les exploitants pour se procurer, à l'extérieur, les matériaux de forage et d'exploitation, ce qui a réduit les travaux dans des proportions inquiétantes.

Cette production est cependant encore importante et l'on compte, à l'heure actuelle, une centaine de sociétés exploitant les pétroles de Roumanie. Les figures 1, 2 et 3 donnent un aperçu des puits d'extraction et l'on remarquera, surtout sur la première, la profusion des sondes dans une même région.

Indication d'un gisement. — La recherche d'un gisement est toujours une opération délicate, car le pétrole peut se trouver en poche, comme cela se présente pour le minerai dans un filon, ou bien mélangé à des couches solides de grès saturées du liquide.

En Roumanie, ce sont plutôt des poches que l'on rencontre comme celle de la sonde n° 1 de Colombia citée plus loin.

Dans les couches de grès, il y a trois éléments superposés : le gaz, le pétrole et l'eau salée, celle-ci se trouvant à la partie inférieure du gisement. Lorsqu'on atteint la zone pétrolifère, le gaz accumulé chasse le liquide en donnant ce que l'on appelle une « sonde éruptive » (fig. 4).

Lorsque le pétrole a fini de couler, généralement au bout de plusieurs années, on retire de l'eau salée. C'est une chose normale qui marque la fin de l'exploitation du puits.

Exécution d'une sonde. — *Forage.* — Lorsque, par des considérations géologiques, ou par des déterminations plus ou moins empiriques, on a repéré l'emplacement de la sonde, on commence d'abord par faire un trou d'une section suffisante pour qu'un homme puisse y travailler facilement. Lorsque ce travail, malgré le boisage, est rendu difficile par les éboulements, on monte la charpente et les abris pour la machinerie.

Au-dessus du trou, on installe une sorte de bigue d'une hauteur de 20 mètres environ, appelée « derrick », dont la charpente peut être en bois ou en tubes de fer.

(1) Pour faciliter la conversion des unités de mesure anglaises en mesure françaises, nous rappellerons que le baril de 36 gallons contient 163,665 litres, et que six barils représentent une tonne

(2) Les exploitants de puits pétrolifères appellent « sonde » l'ensemble d'un trou de sonde avec les appareils d'extraction et non uniquement l'appareil servant au forage.

Digitized by Google

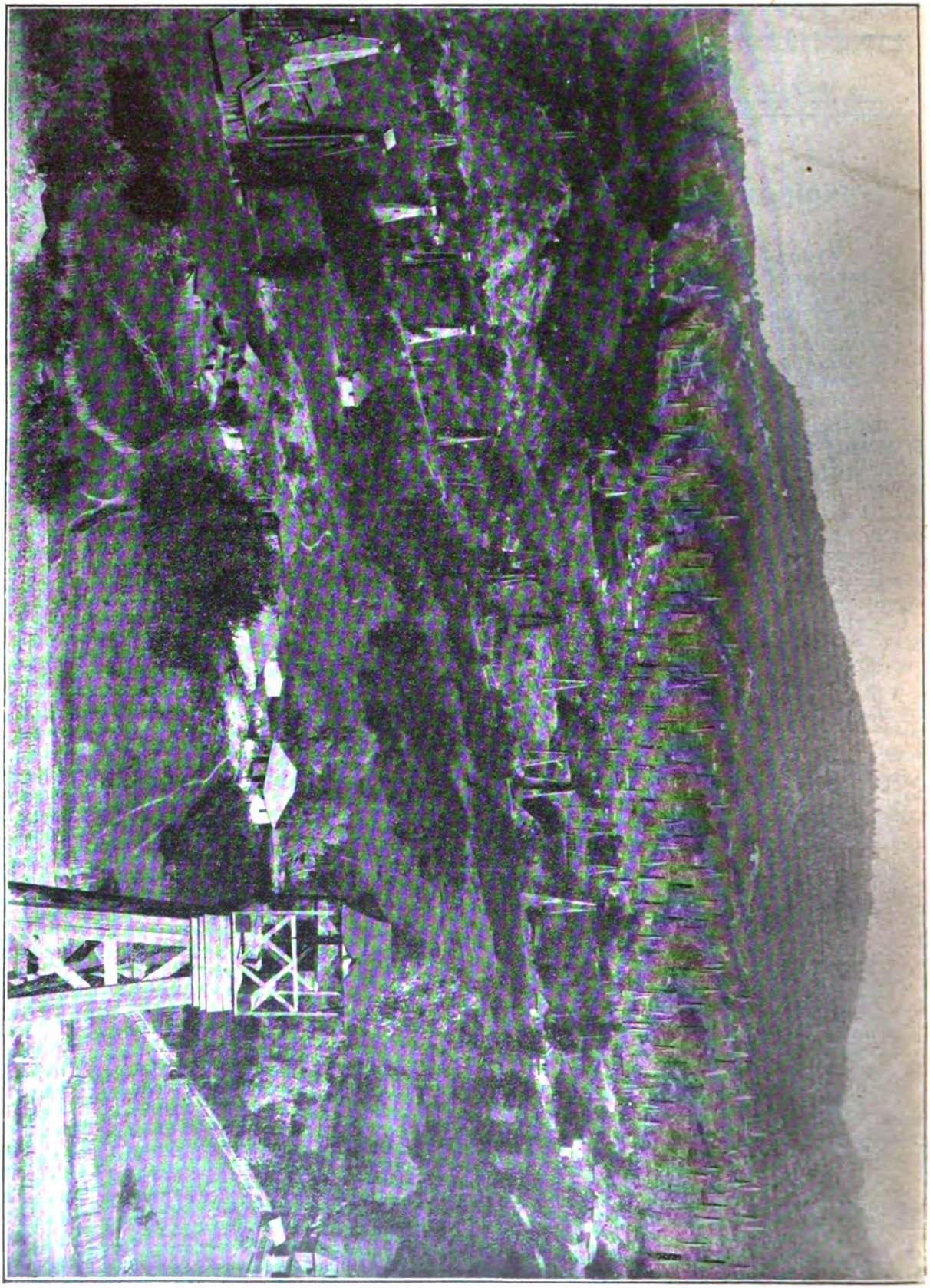


Fig. 1. — Vue générale d'une région pétrolifère montrant le rapprochement des puits.

Digitized by Google

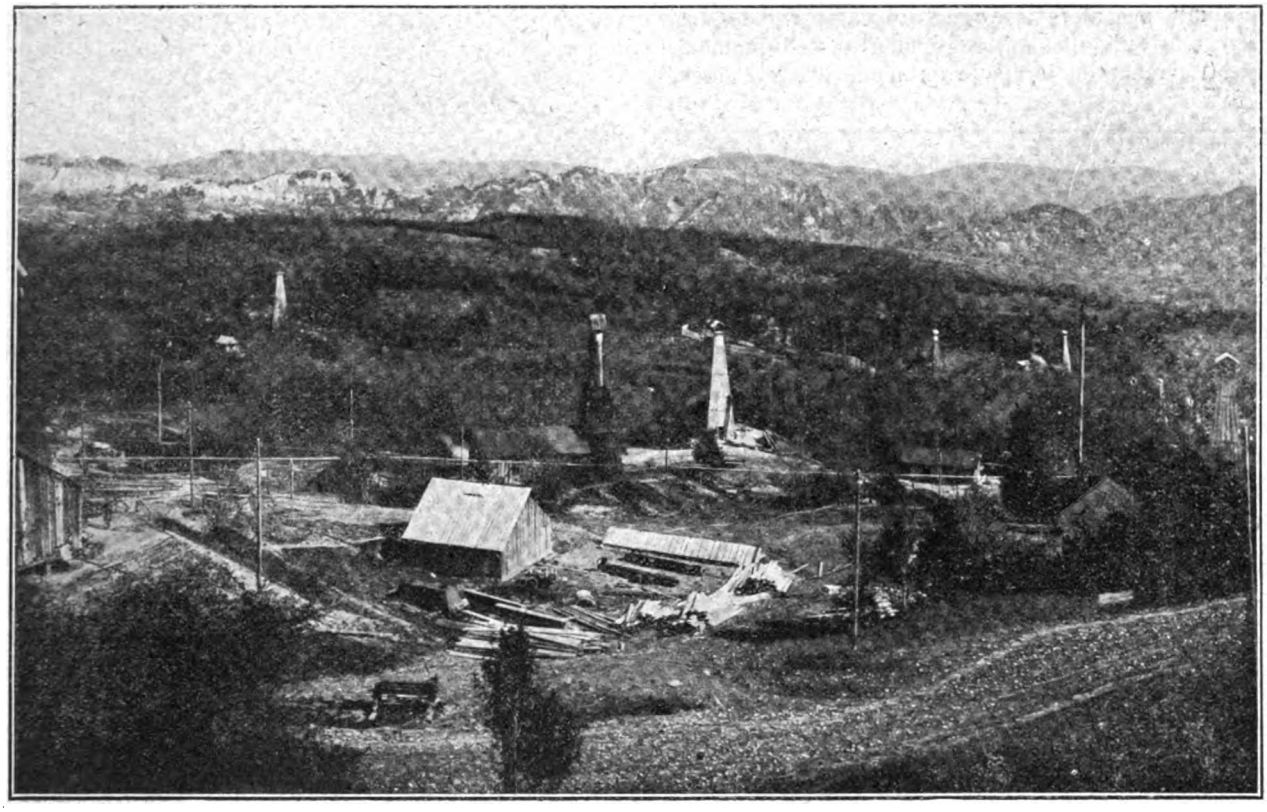


Fig. 2. — Sondes pétrolifères en exécution.

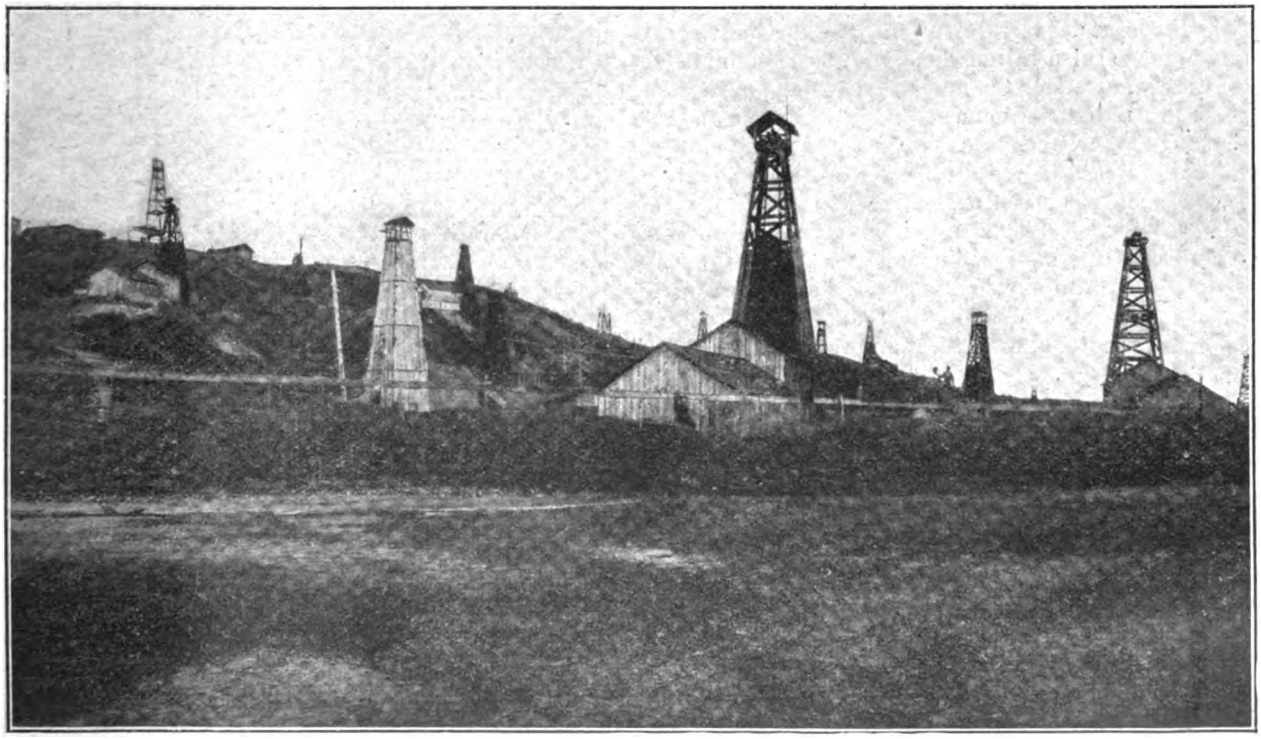


Fig. 3. — Vue d'un chantier de la Steaua Romana à Campina.

Digitized by Google

On commence alors le forage qui comprend les trois opérations suivantes qui se répètent périodiquement : 1° le trépanage ou forage proprement dit; 2° l'enlèvement des terres défoncées ; 3° le tubage du trou de sonde et le rallongement des tiges.

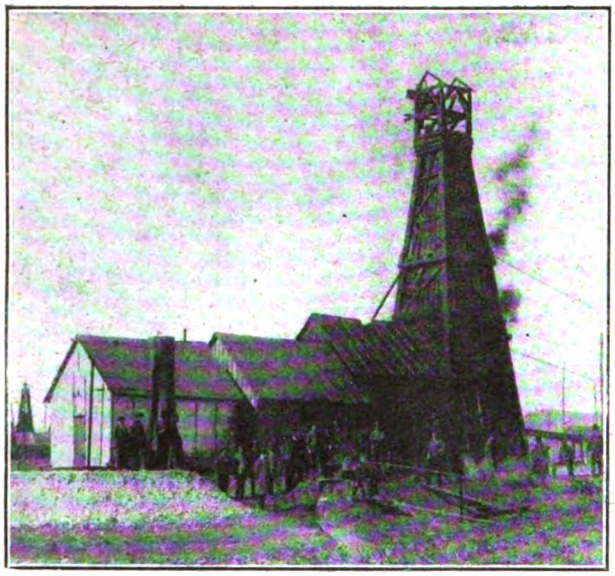


Fig. 4. — Vue d'une sonde éruptive en exploitation.

Dans le treuil canadien, qui est le dispositif le plus ancien et encore le plus répandu en Roumanie malgré la durée du forage des terrains, on utilise un trépan (fig. 5) qui frappe le sol à raison de 90 coups par minute en moyenne. Ce nombre de coups peut être réduit ou augmenté selon la dureté du terrain. Quand les couches sont trop dures, il est indispensable de le diminuer pour ne pas briser les tiges.

Fig. 5. Trépan.

Dès que le trépan s'est enfoncé de plusieurs mètres, on enlève les terres défoncées au moyen d'une sorte de cuiller constituée par un cylindre creux à la partie inférieure duquel se trouve une soupape qui se referme lorsque l'appareil est rempli.

Tubage. — Le tubage est une opération importante et assez délicate; il consiste à former une colonne de tubes vissés les uns sur les autres de manière à réaliser un cylindre creux complètement étanche et pouvant traverser les nappes aquifères que l'on rencontre pendant le forage du puits.

Pour être sûr que la colonne reste verticale, on la soulève toutes les heures avec une énorme moufle accrochée à la partie supérieure du derrick.

Lorsqu'une colonne est, par accident, coincée dans les terrains, on est obligé de refaire une tubulure d'un diamètre inférieur et de la faire passer à l'intérieur de la précédente. La figure 6 montre un wagon chargé de ces tubes.

Comme exemple, voici les tubes qui ont été employés dans un sondage.

Diamètre en inches.	Diamètre en millimètres.	Longueur en mètres.
18	458	200
16	408	500
12	305	720
10	254	800
8	204	830
Total.....		3 050

L'épaisseur des tubes étant de 7,5 mm, le poids total de la dernière colonne atteignait 37 tonnes.

Coût d'une sonde. — Voici les prix comparatifs, en 1920, des matières et main-d'œuvre utilisées dans le forage d'une sonde à Tuicani qui a exigé dix colonnes, et qui a été forée par le procédé pensylvanien.

Le forage a duré environ quinze mois.

4 000 m de tubes à 250 leis le mètre.....	1 000 000 leis
Main d'œuvre pendant 15 mois.....	150 000
Ateliers.....	150 000
Equipement et courant électrique	400 000
100 m³ de bois à 500 leis le mètre cube...	50 000
Terrains, concession, redevances	250 000

Durée d'un forage. — Le forage d'un puits nécessite un temps extrêmement variable, selon le procédé employé, ou suivant la nature du terrain.

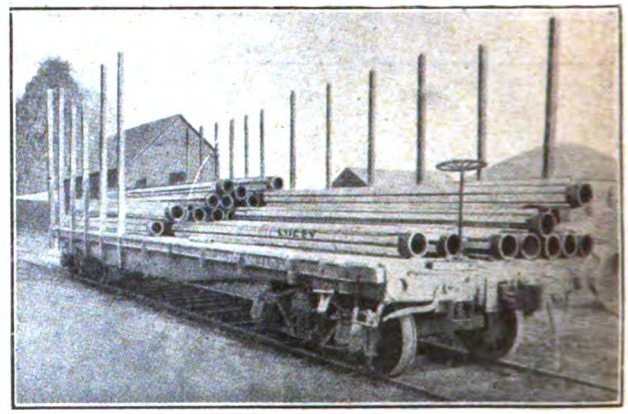


Fig. 6. — Un wagon chargé de tubes de forage.

Ainsi le treuil canadien, à sec, permet d'obtenir une vitesse de perforation de 0,20 à 10 mètres par jour, selon que le terrain est dur ou tendre, tandis qu'avec les systèmes à injection d'eau tels que le « Rotary Hydraulic » ou l' « Allantia », on peut atteindre 60 mètres en un seul jour. La figure 7 montre un puits en perforation avec un « Mogul ». Avec ce système, 656 pieds de terrain difficile ont été forés en 178 heures, ce qui donne une moyenne de 26 mètres par jour.

Aussi obtient-on, avec ces derniers procédés, un

Digitized by Google

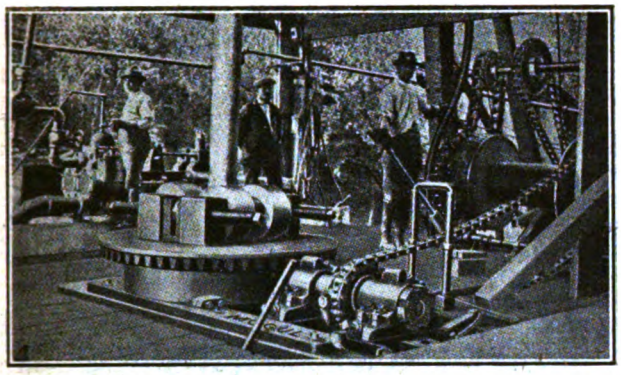


Fig. 7. — Forage d'un puits par le système Rotary Hydraulic.

forage de puits en 3 ou 4 mois, alors que, par le treuil canadien à sec, il faut souvent 10 à 15 mois pour atteindre la couche pétrolifère.

Toutefois les procédés à injection d'eau sont très discutés. Ils ont le grave inconvénient de noyer certaines zones pétrolifères et celui de provoquer des éboulements. Aussi, faut-il employer ces systèmes avec une grande prudence et seulement pour certains terrains.

Il existe, en Roumanie, des sociétés qui ne s'occupent que du forage des puits. Le prix de cette opération était, en 1914, par mètre courant, de 20 leis à 100 m de profondeur, 30 leis à 200 m, 60 leis à 400 m, et environ 100 leis à 600 m.

Débit d'une sonde pétrolifère. — Lorsqu'un puits est foré on obtient quelquefois une sonde éruptive, ainsi appelée parce que le pétrole jaillit avec force de la tubulure. Dans ce cas, il faut se hâter de mettre un capot sur la bouche de la colonne, pour limiter le débit de la sonde.

Un exemple typique de sonde éruptive est celui du puits n° 1 de la Colombia qui, depuis le 25 juin 1912 au 20 octobre 1913, époque où elle fut détruite par un incendie, a débité 402 799 t de naphte d'une valeur de 28 millions de leis.

Au début, elle fournissait 150 wagons et, à la fin, 33 wagons par jour. La profondeur du puits était de 633,30 m et le diamètre du tube de 5 pouces.

Le débit d'une sonde diminue avec le temps; on extrait du pétrole tant que la production dépasse 2 mètres cubes par jour.

Risques d'incendie — Le matériel électrique n'a pas occasionné jusqu'à présent d'incendie de grosse importance. Au début, les fils mal isolés, les moteurs à la masse, ont obligé le département des mines à réglementer très sévèrement l'emploi de l'électricité dans les régions pétrolifères.

Un incendie qui fut un désastre eut lieu à Moreni en 1913 (fig. 8). Dix-sept puits furent brûlés, dont la sonde n° 1 Colombia, citée plus haut.

Une des raisons qui fut donnée a été le heurt des pierres rejetées par le liquide jaillissant sur le derrick métallique d'un puits.

Si cette cause est exacte, on voit qu'il est nécessaire de prendre de très grandes précautions dans les détails de l'exploitation pour éviter les incendies.

A ce sujet, nous signalons que les règlements roumains fixent à 30 mètres la distance minimum entre sondes, mais que, dans les régions très riches en pétrole, il y a encore possibilité de propagation du feu avec une distance de 60 mètres entre sondes.

II. **Equipements électriques des sondes pétrolifères.** — Jusqu'ici, le forage des puits et leur exploitation se faisaient surtout au moyen de machines à vapeur. On a évidemment songé à les remplacer par des moteurs électriques qui présenteraient, comme dans toutes les autres industries, de gros avantages. Mais on s'est heurté à des difficultés particulières provenant, surtout, du danger d'incendie par suite de courts-circuits, d'étincelles aux balais, etc. On a donc été amené à étudier et à réaliser tout un matériel spé-

Fig. 8. — Un incendie de plusieurs sondes à Moreni (Roumanie).

Digitized by Google

cial en vue d'éviter toute possibilité d'accident.

Le réseau alimentant les régions pétrolifères de Moreni, Bana, Bustenari, Runcu, Ochure, Tintea, Baïcoi, etc... possède une usine génératrice à Campina, l'un des chantiers les plus anciens. « L'Electrica » fournissait, en 1914, une puissance de 7 000 à 8 000 kw ; la puissance demandée actuellement est plus faible par suite de la suppression de sondes pendant la guerre.

Chaque puits pétrolifère exige, comme matériel électrique :

A. — Un équipement pour le forage, comprenant un moteur asynchrone à bagues protégées avec son jeu de résistances pour le démarrage et le glissement du moteur ainsi que son contrôleur de manœuvre.

B. — Un équipement pour l'extraction du pétrole, soit : un moteur à induit en court-circuit, un autotransformateur de démarrage et l'appareillage pour la mise en marche. Nous étudierons successivement ces deux genres d'équipement.

A. **Matériel de forage.** — 1° Moteurs. — La puissance absorbée par les moteurs de forage est très variable, car elle dépend de la vitesse de perforation

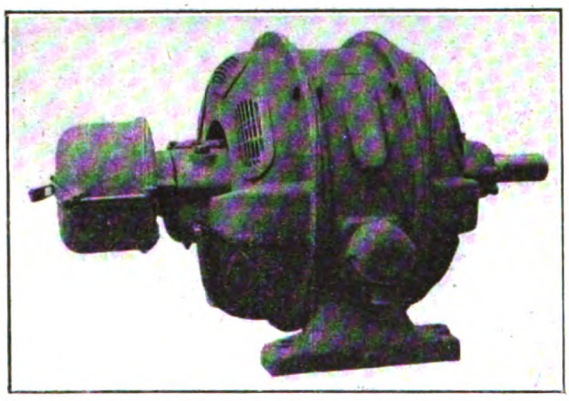


Fig. 9. — Moteur de forage pour treuil canadien, 85 ch, 735 t : mn, 500 v avec verrouillage du capot collecteur.

ainsi que de la nature du terrain. Pour un treuil canadien, un moteur de 75 chevaux donnant un couple double au démarrage est largement suffisant, tandis que les sondes avec forage hydraulique exigent une puissance de 110 à 135 chevaux. Le fonctionnement de ces moteurs à charge très variable entraîne l'abaissement du facteur de puissance du secteur qui, en moyenne, ne dépasse pas 0,35 à 0,40.

Il a été reconnu que les moteurs doivent, pour un tel usage, remplir les conditions suivantes :

Pouvoir supporter une surcharge de 100 pour 100 et avoir un grand couple au démarrage, pour le cas où le trépan est coincé dans les terrains. Donner lieu à un faible échauffement, même à vitesse réduite, pour éviter l'incendie. Fonctionner convenablement sous tension réduite (10 à 15 pour 100 en moins de la tension normale). Permettre une réduction de la vitesse de

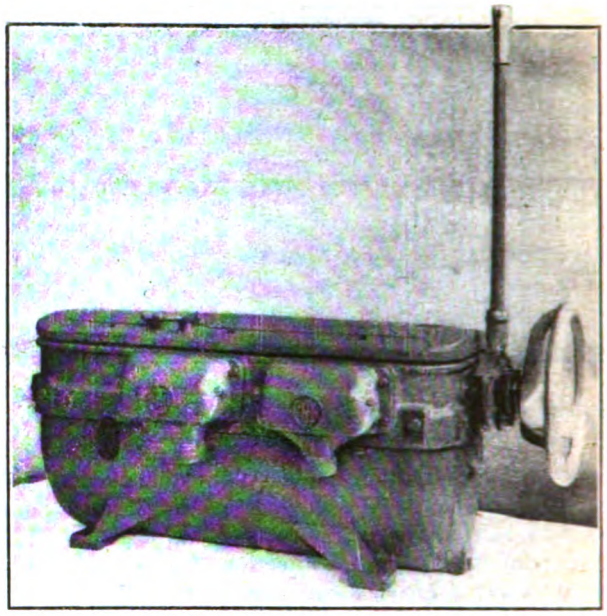


Fig. 10. — Contrôleur dans l'huile T. 57, IDB. Côté 6 départs.

50 pour 100 et même davantage dans le cas d'instrumentation délicate et lorsque le trépan rencontre des terrains durs. L'outil, frappant trop rapidement les matières rocheuses, pourrait, en effet, provoquer la rupture des tiges.

Les moteurs utilisés (fig. 9) répondent à toutes ces

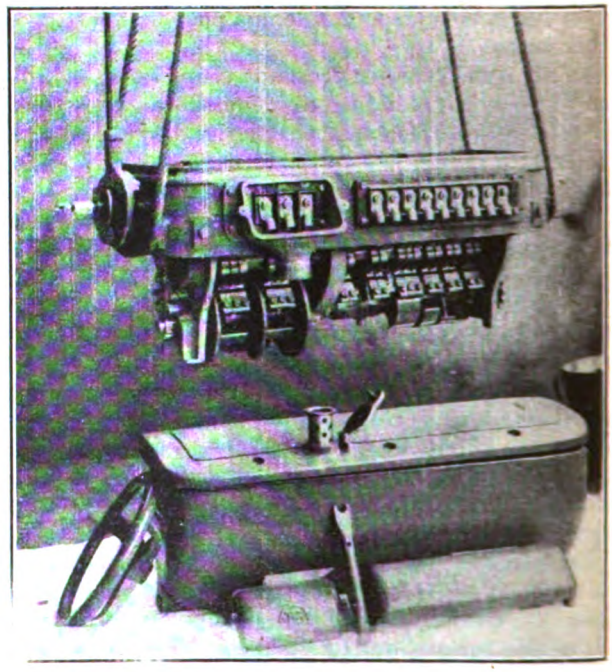


Fig. 11. — Contrôleur dans l'huile T, 57, IDB. Côté 12 départs.

Digitized by Google

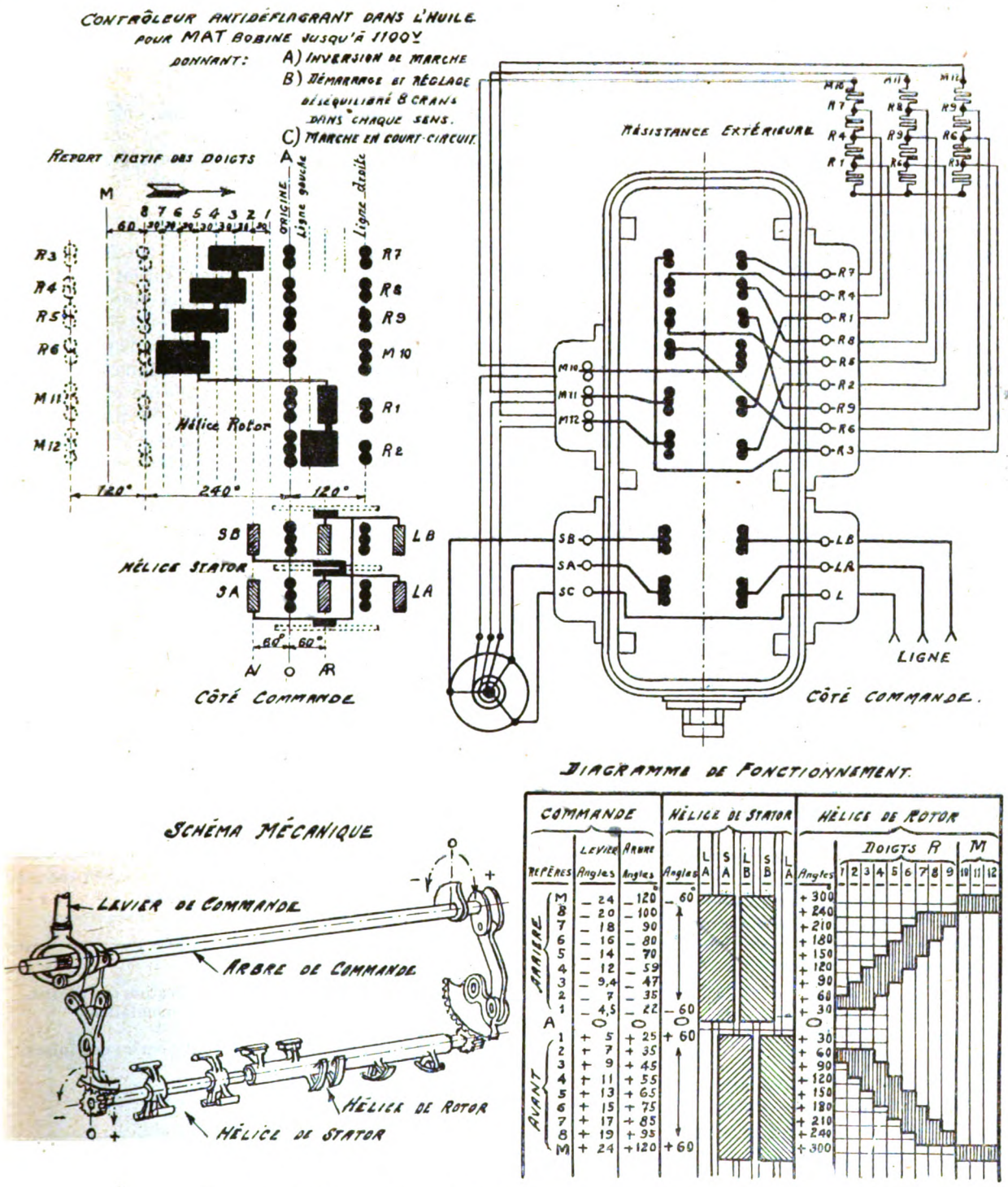


Fig. 12. — Schéma des connexions du contrôleur représenté par la figure 11.

garanties et présentent, de plus, certaines dispositions particulières de sécurité.

Les bagues collectrices sont enfermées dans un capot étanche en acier de 13 mm d'épaisseur. Une telle épaisseur est suffisante pour éviter l'éclatement du capot dans le cas où les étincelles aux balais produiraient une explosion à l'intérieur. D'autre part, la vérification de la résistance mécanique à l'explosion des moteurs doit être faite dans un laboratoire spécial.

Ces moteurs sont pourvus d'un système de verrouillage qui empêche les sondeurs d'ouvrir le capot en pleine marche, ce qui risquerait de provoquer l'inflam-

Digitized by Google

mation, par les étincelles des balais, de l'air chargé d'essence.

Les paliers sont largement dimensionnés et l'arbre a un diamètre suffisant pour avoir une flèche très faible. Il ne faut pas, en effet, que le rotor puisse venir toucher les tôles du stator, par suite d'une flexion de l'arbre, il se produirait une gerbe d'étincelles fort dangereuse dans une atmosphère saturée de pétrole.

Pour la même raison, les coussinets en métal antifriction ne sont pas employés ; ils sont remplacés par des douilles en bronze. En effet, si les coussinets chauffaient, le métal antifriction qui, on le sait, est à base d'étain, fondrait facilement et le rotor viendrait frotter sur les tôles du stator, provoquant l'accident dont nous venons de parler.

Les manœuvres de sondage exigent de brusques inversions de marche. Dans ces conditions le montage ordinaire des bagues collectrices avec isolement par des pièces en ébonite ne peut convenir, car l'ébonite ne résisterait pas au cisaillement. Cet inconvénient est évité en montant les bagues à chaud sur un cylindre en micanite.

Les bobinages sont isolés au mica, ce qui leur donne une grande sécurité de fonctionnement. Voici, par exemple, la spécification électrique de l'un de ces moteurs :

72 encoches de 40 mm × 10,8 mm au stator ;

96 encoches de 34 mm × 5,8 mm au rotor avec 2 conducteurs de 4 mm × 13,6 mm par encoche.

Stator 75 ch, 500 v ; 7 conducteurs de 8 mm × 3,7 mm ;

Stator 110 ch, 500 v ; 5 conducteurs de 2 × 8 mm × 2,9 mm.

Avec des conducteurs de ces dimensions les densités de courant sont très faibles, de telle sorte que le moteur chauffe peu, même aux basses vitesses.

Le refroidissement rationnel de la machine est d'ailleurs assuré par une ventilation axiale dans les tôles du stator qui comportent des ailettes dans les encoignures.

Les bornes du stator et du rotor sont enfermées dans des boîtes étanches et la carcasse est complètement fermée, de telle sorte que ces moteurs peuvent fonctionner ou être manutentionnés sous la pluie sans crainte d'accident.

2° Contrôleurs. — Ces contrôleurs sont à manœuvre par volant ou par levier. Ils permettent les trois opérations de démarrage, de réglage de la vitesse, et d'inversion de marche.

Ces appareils sont étudiés spécialement pour le contrôle des moteurs asynchrones triphasés jusqu'à 1 100 v, à rotor bobiné de 150 à 300 ch environ, utilisés dans une atmosphère chargée de gaz, vapeurs, poussières inflammables ou dangereuses pour un appareil ordinaire, comme cela se produit en particulier dans les puits pétrolifères, les mines grisouteuses, les raffineries de pétrole, etc. Le contrôleur est prévu pour un service extrêmement chargé et en cas de manœuvres se succédant très fréquemment, la capacité limite de l'ensemble est celle du moteur et des résistances.

Toutes les ruptures se font sous l'huile et différents verrouillages écartent toute possibilité de fonctionnement sans huile par suite de démontage intempestif.

Nous reproduisons, figures 10, 11 et 12 des photographies et le schéma de l'un de ces appareils ; il possède, pour chaque sens de marche, sept crans de démarrage et une position de marche normale, ce qui permet de réaliser un grand nombre de combinaisons. L'utilisation de chacun de ces crans est indiquée par le tableau suivant.

CRANS	COUPLES (1)		GLISSEMENTS	TOURS PAR MINUTE	OPÉRATIONS DE FORAGE	
	démarrages	marche normale				
1	0,25	0		0	Préparation.	
2	0,80	0,45	0,55	300	Manœuvre au palan.	Vérification des câbles.
3	1,50	0,55	0,40	450	Elargissement.	Instrumentation.
4	2,50	1	0,30	500	Forage.	
5	2,20	1	0,25	560	Forage.	Soulèvement des tubes.
6	1	1	0,13	650	Forage.	
7	1	1	0,06	700	Forage.	
8	1	1	0,03	730	Forage.	

(1) Les couples sont rapportés au couple normal du moteur.

3° Résistances. — L'équipement d'un moteur comporte, outre le contrôleur, un jeu de résistances contenues dans des armoires telles que celles représentées par la figure 13. Il faut cinq de ces armoires pour un moteur de 75 ch et 7, pour un moteur de 110 ch.

Chaque armoire comporte trois groupes de résistances assemblées sur tubes. Celles-ci, sous forme de grilles, en fonte spéciale, sont particulièrement robustes. Toutes les précautions sont prises pour éviter les courts-circuits entre grilles, et le démontage de chaque groupe de résistances est facile. Enfin, les connexions extérieures sont rassemblées sur une planchette de bornes extrêmement robuste, protégée par un capot.

Des auvents calorifugés d'amiante, assurent une

Digitized by Google

bonne ventilation naturelle à chaque élément. Chaque équipement comporte plusieurs thermostats montés sur les armoires. Le thermostat se présente sous l'apparence d'une cartouche fixée à la partie supérieure de l'armoire de résistances, conformément aux règlements roumains.

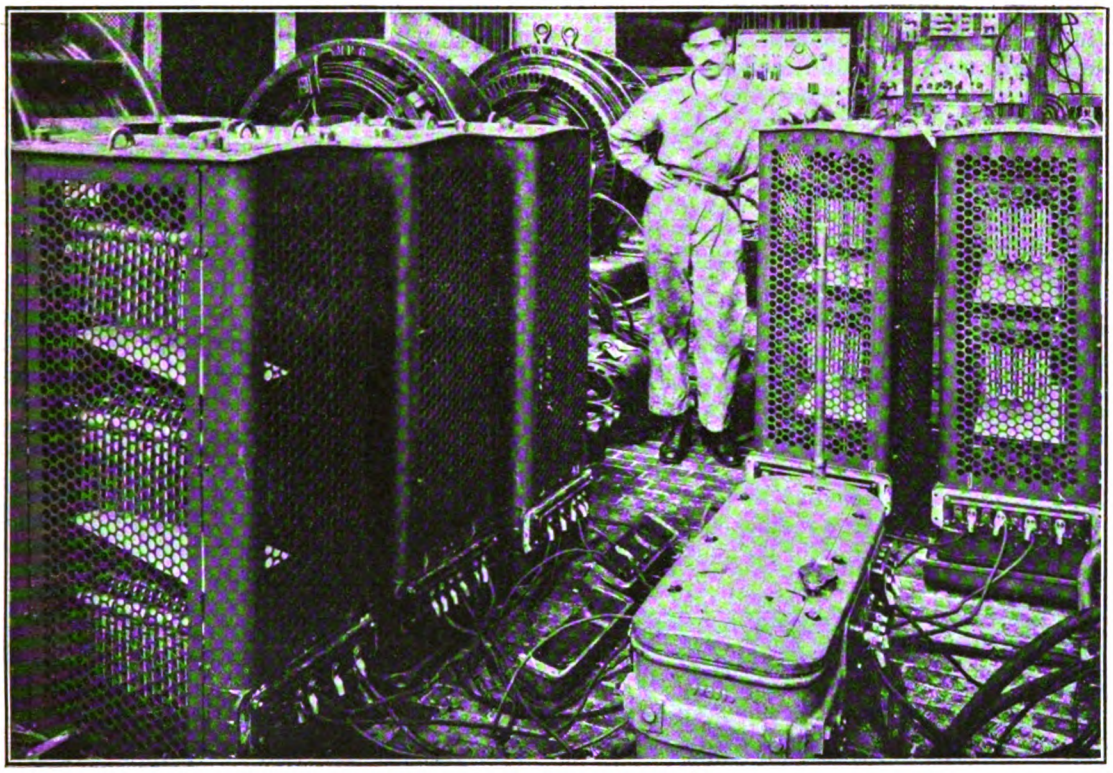


Fig. 13. — Armoires de résistances.

Il ouvre ou court-circuite, suivant le cas, le circuit de la bobine à minimum du disjoncteur, et provoque ainsi l'arrêt complet du courant lorsque la température des résistances atteint 150°C.

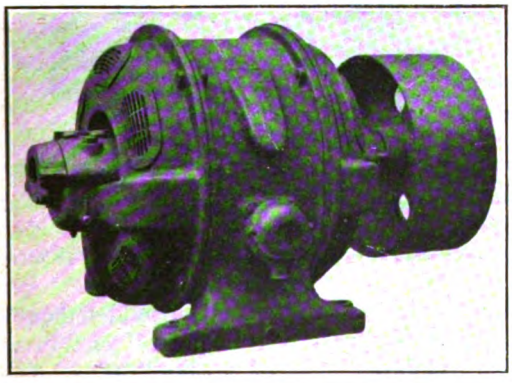


Fig. 14. — Moteur pour l'extraction du pétrole. Induit en court-circuit.

B. Matériel d'extraction. — MOTEURS ET TREUILS. — Les moteurs destinés à l'extraction (fig. 14) doivent avoir un rotor en court-circuit, de manière à supprimer totalement les accidents qui pourraient être produits par les étincelles des balais.

Il n'y a d'ailleurs pas d'inconvénient à ce que le couple au démarrage soit faible et, par conséquent, à employer un induit en court-circuit, car le moteur embraye un treuil en démarrant complètement à vide et cette manœuvre se fait seulement quelques fois par jour.

Le treuil possède un dispositif d'embrayage et de freinage qui doit être assez largement dimensionné et bien entretenu.

Sur le cylindre du treuil est enroulé un câble de 18 mm de diamètre environ auquel est amarrée la cuiller, ainsi appelée parce qu'on la remplit de pétrole au fond du trou et qu'on la vide ensuite dans un bassin, après l'avoir remontée à la surface.

La cuiller est une sorte de cylindre creux d'une dizaine de mètres de longueur, avec un diamètre légèrement inférieur à celui de la tubulure. Elle est munie, à la partie inférieure, d'une soupape qui se referme quand la cuiller est remplie de pétrole.

Voici quelques caractéristiques d'un appareil d'extraction, utilisé dans un puits de 580 m de profondeur :

Puissance nominale du moteur.....	50 ch
Puissance maximum du moteur.....	78 ch
Poids de la cuiller.....	800 kg

Digitized by Google

Diamètre du câble d'acier	18 mm
Section	250 mm²
Vitesse de montée	3 m : s

En employant des moteurs de puissance double, on porte à 6 ou 7 m : s la vitesse d'extraction du pétrole, ce qui est intéressant pour le rendement du puits.

La durée d'une manœuvre d'extraction se répartit à peu près de la façon suivante :

Descente de la cuiller	70	secondes
Remplissage	20	id
Montée	95	id
Déversement du pétrole	25	id
Total	210	secondes

Dans certains cas et lorsque la nature du terrain le permet, on fait l'extraction à l'aide d'un piston plongeur qui met en mouvement une colonne de pétrole d'une centaine de mètres environ. Mais ce procédé n'est guère employé que dans le dixième des installations. Les moteurs d'extraction sont à peu près identiques aux moteurs de forage ; cependant, nous l'avons dit, l'induit est en court-circuit au lieu d'être bobiné. De plus, l'entrefer doit être plus grand, de manière à réduire encore les possibilités de frottement du rotor sur les tôles du stator.

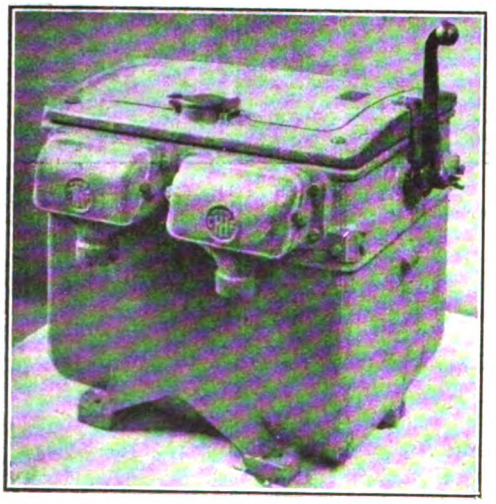


Fig. 15. — Démarreur antidéflagrant AH, CH 38 fermé.

En effet, pendant l'extraction, l'atmosphère est remplie davantage de vapeurs d'essence que pendant le forage. C'est d'ailleurs pour cette raison que l'on n'emploie pas de moteurs bobinés, afin de supprimer complètement le collecteur à bagues et par conséquent tout risque d'étincelles. La cage de ces induits est constituée par des barres en cuivre brasées sur des cercles de connexions. Ce dispositif est préférable aux soudures à l'étain, parfois mal faites.

2° Dispositifs de démarrage. — L'appareil servant au démarrage doit être très robuste et capable de subir des manœuvres brutales et fréquentes. Il comprend un commutateur et un auto-transformateur à deux branches, l'ensemble étant immergé dans l'huile.

L'entrée de chaque bobinage du transformateur est reliée à une phase, les deux sorties étant, au démarrage, connectées à la troisième phase.

Trois positions sont possibles pour la manette de mise en marche de l'appareil ; elles correspondent à l'arrêt, au démarrage sous tension réduite et à la marche avec transformateur hors circuit.

Les figures 15 et 16 représentent l'un de ces démarreurs ; comme les appareils précédemment décrits, il est absolument étanche et possède un dispositif de verrouillage mécanique écartant toute possibilité de fonctionnement dans des conditions dangereuses.

Conclusion. — On voit que le matériel utilisé dans l'industrie du pétrole doit être d'une construction très spéciale se rapprochant beaucoup de celle du matériel employé dans les mines. Mais cette

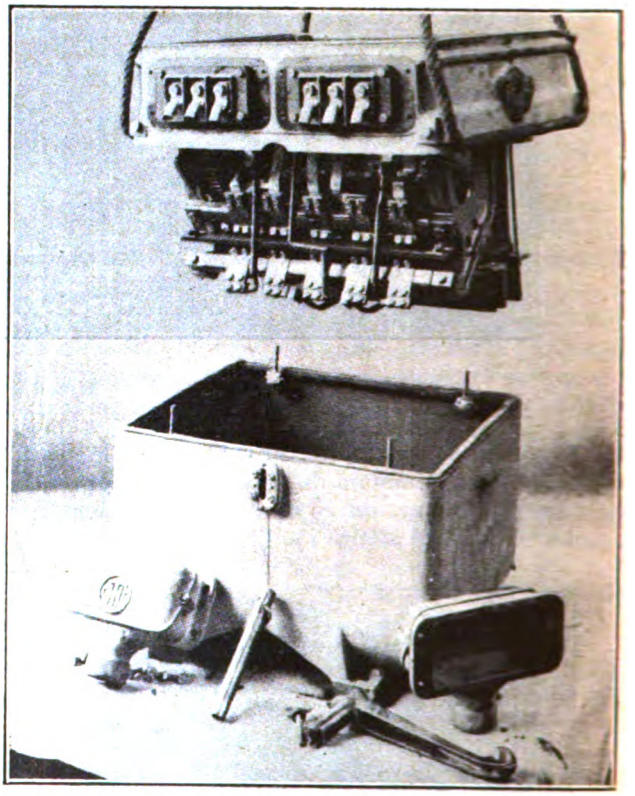


Fig. 16. — Démarreur antidéflagrant AH, CH 38 ouvert

construction est, à l'heure actuelle, complètement mise au point en France. Aussi peut-on prévoir, en Roumanie, un important développement des applications mécaniques de l'électricité dès que l'on aura pu rétablir les usines détruites ou créer de nouvelles centrales afin de satisfaire, mieux qu'il est possible à l'heure actuelle, à la demande toujours plus grande d'énergie électrique.

Charles Rey et Maurice Wilfart,
Ingénieurs à la Compagnie française Thomson-Houston.

Digitized by Google

Le choix de la température d'ajustage des calibres industriels

Après avoir fait remarquer qu'il est nécessaire d'imposer à tous les industriels une même température d'ajustage des étalons, l'auteur expose les raisons pour lesquelles il préconise la température de 20 degrés centigrades qui, selon lui, présente plus d'avantages pratiques que la température de zéro degré centigrade adoptée par les services de l'Artillerie française. Nous faisons remarquer que cette opinion, conforme à ce qui se fait déjà en Amérique, en Allemagne et, pour les étalons Johansson, en Suède, est cependant contraire à celle qui a été exposée par M. Ch. Ed. Guillaume, directeur du Bureau international des Poids et Mesures, dans la « Revue générale de l'Electricité » des 3 et 10 août 1918, t. IV, p. 141 à 145 et 171 à 178.

Le développement des fabrications en série a imposé à l'industrie l'emploi de calibres à tolérances de plus en plus serrées et, par conséquent, d'étalons de référence de plus en plus précis. A mesure que se perfectionnaient ces étalons, on a découvert l'influence pratique de facteurs d'abord négligés.

Le plus important de tous ces facteurs est sans contredit la température, car sa variation entraîne la dilatation d'après un coefficient variable avec chaque sorte d'acier. Il ne suffit plus de faire les étalons nécessaires à la vérification des calibres « min » et « max »; il faut encore stipuler, expressément, la *température d'ajustage* à laquelle ces étalons possèdent exactement la valeur gravée sur eux.

On comprend bien qu'une telle température d'ajustage ne peut pas être choisie arbitrairement par chaque industriel, mais doit être imposée à tous, d'un commun accord. La nécessité d'une convention à ce sujet se trouve donc à la base même des travaux les plus importants de l'industrie mécanique moderne. Un des meilleurs systèmes d'étalons, utilisé depuis 1895, est celui de l'Artillerie française. Ces étalons comportent l'ajustage à 0 degré centigrade. L'acier entrant dans leur composition a été très bien étudié au point de vue de la dilatation et ces étalons peuvent être utilisés à toute température, moyennant les corrections d'usage.

D'autres étalons de grande valeur, sont ceux de Johansson, petits prismes dont les faces terminales sont remarquablement bien polies jusqu'à produire des phénomènes d'adhérence. Etant en acier trempé à cœur, ils possèdent une dilatation notablement différente de celle des autres étalons : environ 12,5 millionièmes par degré, au lieu de 10,7 comme pour les étalons de l'artillerie et de 8,6 environ pour le prototype international du mètre en platine iridié. De plus, les étalons Johansson sont ajustés, sauf indication contraire, à la température de 20°C.

Il y a donc divergence entre plusieurs systèmes et, pour la supprimer, on a été amené à rechercher une température d'ajustage unique, convenablement choisie et imposée une fois pour toutes.

Un certain nombre de nations ont déjà introduit, du moins provisoirement, une convention de ce genre dans leur système légal de mesures. Ainsi, en Amérique, en Allemagne, en Suède, etc., après quelques tâtonnements, la température de 20°C a été choisie comme température d'ajustage des étalons et des calibres. En France, la préférence en sa faveur paraît s'accentuer, comme on s'en rend compte par des cahiers des charges de plus en plus nombreux, où il est indiqué que les tolérances des pièces fournies doivent être entendues pour un étalonnage des calibres fait à la température de 20°C.

Les raisons qui ont amené à choisir cette dernière température sont, en effet, de grande valeur et méritent d'être répandues. Avant de les exposer, il est cependant nécessaire de préciser certaines idées et de donner des définitions qui, pour être encore un peu arbitraires, n'en seront pas moins utiles dans ce qui suit.

Nous conservons d'abord, bien entendu, la température de 0°C qui sert à définir le mètre international et qui a l'avantage d'être pratiquement réalisable avec une précision parfaite.

Nous appellerons ensuite :

a) *Température d'ajustage* (voir plus haut), celle à laquelle les étalons doivent présenter les valeurs cherchées;

b) *Température de réception*, celle à laquelle les calibres sont étalonnés et à laquelle, par conséquent, les pièces travaillées doivent être réceptionnées;

c) *Température de fonctionnement*, celle où les pièces travaillées sont utilisées industriellement.

De même, en ce qui concerne la valeur des étalons et des calibres, nous appelons encore :

a) *Valeur nominale*, celle qu'on a cherché à réaliser. Cette valeur est gravée sur l'étalon et devrait toujours être suivie de l'indication de la température d'ajustage;

b) *Valeur réelle à t degré centigrade*, la valeur effective de l'étalon à la température de t°C;

c) *Valeur de réception*, la valeur réelle à la température de réception.

Dans le choix de la température d'ajustage, il faut tenir compte aussi bien des exigences purement scientifiques que de celles de la pratique industrielle, tout en ayant égard aux codifications déjà existantes dans les divers pays.

Au point de vue scientifique d'abord, une dimension quelconque est définie sans ambiguïté si l'on a soin de bien spécifier la température à laquelle la valeur donnée est exacte. Cette température pourrait être

Digitized by Google

arbitraire, à condition toutefois d'être très bien connue.

Mais si, par exemple, un calibre a été étalonné aux environs de 20°C, il est difficile de calculer exactement la valeur qu'on aurait trouvée en opérant à 0°C; car, si la dilatation des étalons peut être bien connue, celle des calibres l'est beaucoup moins exactement et la température ambiante n'est pas mesurable pratiquement avec une très grande précision.

On doit donc plutôt *se placer à la température d'ajustage des étalons pour faire les opérations de réception* et il est très intéressant que cette température d'ajustage soit une température usuelle, commode pour opérer.

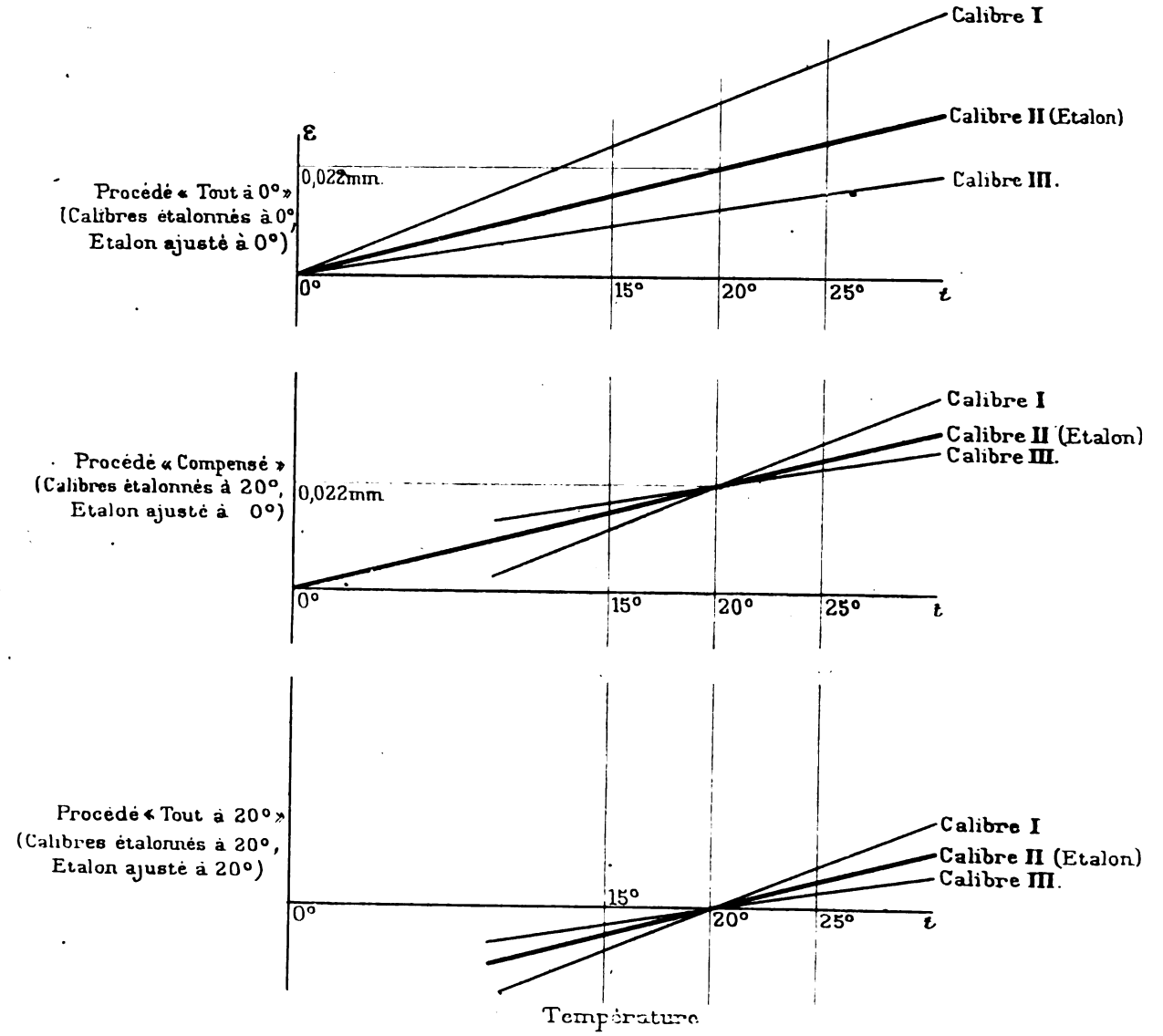


Fig. 1. — Comparaison des écarts ε de divers calibres de même valeur nominale 100 mm, mais faits de métaux différents et étalonnés d'après chacun des trois procédés indiqués sur la figure.

C'est là justement un des inconvénients de la température de 0° C, laquelle n'est d'ailleurs plus considérée comme absolument intangible par les physiciens les mieux qualifiés. Des mesures de très haute précision, comme la comparaison de la longueur du mètre international à la longueur d'onde de la raie rouge du cadmium, n'ont pas été effectuées à 0°C, mais aux environs de 15° C. La température de 0°C est, en effet, incommode pour le travail et provoque des condensations qui risquent de ternir et rouiller les parties polies et les pièces d'acier.

Seules doivent être prises en considération les températures usuelles, c'est-à-dire comprises entre 15° et 20° C.

En particulier, une fixation à 20°C de la température d'ajustage se justifie par la raison qu'il est plus facile de faire régner dans un local une température un peu plus haute plutôt qu'un peu plus basse, par rapport à la température extérieure. D'autre part, le rayonnement calorifique propre au corps humain trouble d'au

Digitized by Google

tant moins les mesures que la température ambiante est plus élevée.

En choisissant la valeur de la température d'ajustage, on ne doit pas non plus oublier qu'elle est liée à l'amélioration future de la précision par l'emploi croissant d'étalons faits de matériaux à dilatation particulière.

Aussi, dans les pays dont nous avons parlé, on a commencé par choisir, en toute indépendance, la température d'ajustage normalisée et cette température a été unanimement fixée à 20° C.

Supposons maintenant que nous devions étalonner divers calibres de 100 mm, par exemple, et pris dans des aciers I, II, III ayant respectivement des dilatations supérieure, égale ou inférieure à celles de l'étalon. D'après ce qui a été dit, trois procédés peuvent être envisagés :

1° Le procédé « Tout à 0° » où les calibres sont étalonnés à 0°C et l'étalon ajusté lui-même à 0°C ;

2° Le procédé « Compensé » où les calibres sont étalonnés à 20°C, mais l'étalon ajusté à 0°C ;

3° Le procédé « Tout à 20° » où les calibres sont étalonnés à 20°C et l'étalon ajusté aussi à 20°C.

Sur les diagrammes ci-contre (fig. 1), on a porté en abscisses les températures ; en ordonnées, les écarts de dilatation. Le coefficient de dilatation de l'étalon est supposé égal à 11 millionièmes, valeur-type qui se rencontre approximativement dans les étalons d'acier non trempé à cœur. A 20°C, l'écart de l'étalon de 100 mm ajusté à 0°C est donc de 22 millièmes de millimètre. A 0°C, l'écart de l'étalon ajusté à 20°C est égal au précédent, mais de sens inverse.

Le procédé « Tout à 0° », on le voit, donne entre 15°C et 25°C des écarts qui sont considérables, et, en outre, très différents pour les divers aciers. Pour cette raison, s'ajoutant à celles déjà exposées, ce procédé doit donc être abandonné.

Le procédé « Compensé » est nettement plus avantageux au point de vue des écarts, mais il présente l'inconvénient d'utiliser un étalon qui est trop grand, dans le cas actuel, de 22 millièmes de millimètre. Il ne peut donc pas servir, à moins de corrections, si l'on veut avoir des calibres qui mesurent juste 100 mm à 20°C.

Le procédé « Tout à 20° », au contraire, fait intervenir un étalon qui présente exactement sa valeur nominale à la température de 20° et permet d'étalonner directement des calibres qui seront exacts à cette température. Il est d'ailleurs facile de connaître, si on le désire, la valeur de l'étalon à 0° au moyen du certificat de l'établissement vérificateur.

Le procédé « Tout à 20° » est donc à la fois commode et précis sans exclure le moins du monde l'emploi de la température de 0°C qu'à plusieurs reprises on s'est bien trouvé d'avoir sagement conservée pour la définition du mètre international.

Conclusion. — Au point de vue industriel comme au point de vue purement scientifique, on a vu les avantages d'une température d'ajustage qui peut être en même temps la température de fonctionnement.

Les diverses températures comprises entre 15°C et 20°C répondent à peu près à ces conditions, mais les considérations pratiques suivantes s'accordent pour faire choisir la température de 20°C :

1° Cette température peut être regardée comme la température de fonctionnement la plus usuelle pour les dispositifs mécaniques ;

2° Elle est plus facile à réaliser dans un local quelconque, étant la plus élevée de celles qui peuvent être envisagées ;

3° Elle s'exprime dans l'échelle centigrade par un nombre pair et multiple de 10, très commode dans les calculs.

4° Elle s'exprime également par des nombres entiers dans les autres systèmes : 20°C = 68° Fahrenheit = 16° Réaumur. Or, la température de 68° Fahrenheit est déjà en vigueur aux Etats-Unis qui sont, comme on le sait, de grands producteurs d'instruments de précision. Son introduction dans le système métrique serait donc de nature à ouvrir la voie à une unification ultérieure plus complète des systèmes de mesure. La Suède, patrie des étalons Johansson, a aussi adopté la température d'ajustage de 20°C.

En résumé cette température de 20°C, à laquelle se sont déjà ralliés plusieurs pays industriels, possède de grandes chances d'être adoptée au moment de l'unification générale de la température d'ajustage et, comme nous l'avons vu, il est parfaitement possible de l'instituer tout en respectant le principe de la comparaison des étalons industriels avec le mètre international.

FRONTARD,
Ingénieur à la Société des Roulements à billes S. K. F.

Revues, analyses et informations

Le facteur de puissance dans les transformateurs et les lignes de transmission (1).

Le facteur de puissance d'une installation est abaissé non seulement par les abonnés, mais encore par l'ensemble du réseau et par les transformateurs ; très rarement, il est amélioré par ces deux derniers facteurs et l'étude suivante a pour but d'envisager l'ordre de grandeur des diverses valeurs qui interviennent.

Toutes les lignes, aériennes ou souterraines, chargent le réseau en introduisant, dans la distribution, une composante déwattée. Celle-ci varie avec l'inductance et le carré de l'intensité. Le tableau I en donne les valeurs approximatives.

(1) O. BURGER. *Elektrotechnische Zeitschrift*, 20 avril 1922, t. XLIII, p. 539-541, 3000 mots, 3 fig., 3 tab.

Digitized by Google

TABLEAU I. — *Composante déwattée en arrière, en kilovolts-ampères par kilomètre.*

COURANT de ligne en ampères	CHARGE DÉWATTÉE linéique d'une ligne triphasée aérienne, en kv-a : km	CHARGE DÉWATTÉE linéique d'une ligne triphasée en câble (valeurs variables suivant la section et la tension), en kv-a : km.
100	— 12	de — 4 à — 8
200	— 48	de — 16 à — 32
500	— 300	de — 100 à — 200
1 000	— 1 200	(on ne construit pas de câbles pour de pareilles intensités)

L'auteur tient à faire remarquer ici que l'on croit généralement que les lignes en câbles présentent une inductance insignifiante et négligeable. Il n'en est pas ainsi et, quoique cette inductance atteigne une valeur moindre que pour les lignes aériennes, il faut quand même en tenir compte.

Aux très hautes tensions, une composante déwattée en avant s'oppose à celle déwattée en arrière ; elle dépend de la capacité et du carré de la tension. Le tableau II en donne les valeurs approximatives.

TABLEAU II. — *Composante déwattée en avant, en kilovolts-ampères par kilomètre.*

TENSION de ligne (composée) en kv	CHARGE DÉWATTÉE linéique d'une ligne triphasée aérienne en kv-a : km	CHARGE DÉWATTÉE linéique d'une ligne triphasée en câble (valeurs variables suivant la section), en kv-a : km
3	+ 0.03	+ 0.45 à + 1.8
6	+ 0.10	+ 1.8 à + 7.2
15	+ 0.64	+ 11.3 à + 45.0
35	+ 3.5	+ 61.0 à + 244.0
60	+ 10.3	(on ne construit pas de câbles pour de telles tensions)
110	+ 34.7	
220	+ 138.5	

Les valeurs indiquées pour ces composantes déwattées en avant ou en arrière correspondent à la fréquence de 50 p : s et varient proportionnellement avec la fréquence.

On a donc essayé, pour réduire leurs valeurs, d'abaisser la fréquence, mais de là résultent de si graves inconvénients dans la construction des machines et des transformateurs, que l'on a dû abandonner cette voie. D'ailleurs, la fréquence 50 p : s étant généralement adoptée en Europe, on ne peut songer à la modifier. En Amérique du Nord, on a souvent employé, pour les transmissions, la fréquence 25 p : s, mais elle est progressivement remplacée par la fréquence 60 p : s qui est très répandue. Il est probable que, plus tard, il n'y aura plus, dans le monde entier, que des réseaux à 50 p : s et à 60 p : s. La fréquence 16 2/3 p : s utilisée pour la traction n'a qu'une faible importance.

Par les deux tableaux précédents, on voit que la tendance moderne d'adopter des tensions de plus en plus élevées, donc des intensités de plus en plus faibles, se traduit par une diminution de la composante déwattée en arrière. Même, aux très hautes tensions, la composante déwattée en avant est assez prépondérante pour annuler la composante déwattée en arrière et produire une résultante où l'intensité est franchement déphasée en avant par rapport à la tension.

La transmission d'énergie se fait donc dans des conditions favorables. Il serait possible de transmettre 100 000 kw à 1 000 km sous forme de courant triphasé à 50 p : s, sans pertes exagérées. Un réseau à 200 000 v aurait, à puissance égale, sensiblement les mêmes pertes ohmiques qu'un réseau à courant continu à la même tension.

Pour une puissance donnée, il y a une certaine tension qui permet d'annuler la composante déwattée en arrière par celle déwattée en avant et de se placer ainsi dans les meilleures conditions possibles. Les valeurs de ces tensions composées sont, approximativement :

100 000 v	pour	50 000 kw
150 000 v	pour	60 000 kw
200 000 v	pour	110 000 kw
250 000 v	pour	175 000 kw

L'application de cette règle d'ajustement entre la tension et la puissance pour réduire les pertes en lignes joue un rôle important dans les transmissions à grandes distances et à tensions élevées. A 100 kv et pour de faibles distances, la compensation devient moins nécessaire, car c'est l'influence des transformateurs qui devient alors prépondérante comme nous le verrons plus loin.

Quand le réseau ne donne pas à pleine charge, il faut compenser la composante déwattée résultante ou par des self-inductions, ou par des condensateurs synchrones. Toutes ces lignes à grande capacité de transmission devraient toujours fonctionner à pleine puissance, de manière que l'on ait à effectuer un réglage seulement en cas de marche à vide accidentelle.

Les réseaux de câbles très développés donnent également une forte composante déwattée en avant qui compense celle déwattée en arrière qu'introduisent les abonnés. Pour cette raison, il serait recommandable de reconstruire les anciens réseaux aériens en lignes de câbles. On obtiendrait ainsi en même temps qu'une amélioration du facteur de puissance, une plus grande sécurité d'exploitation puisque les conducteurs seraient soustraits à l'action des perturbations d'ordre atmosphérique. Les frais qu'entraînerait cette substitution, seraient naturellement très élevés, mais on ne doit pas en être effrayé : le prix de vente élevé du courant et l'utilisation intensive des lignes justifient de telles dépenses.

Les avantages d'un bon facteur de puissance sont intéressants quant aux pertes en lignes. La chute de tension, pour une transmission triphasée, est donnée approximativement par la formule suivante

$$e = \frac{N}{E} R\, p.$$

où e représente la perte de tension en ligne, en volts, N la puissance transmise, en kilowatts ; E, la tension de la ligne en kilovolts ; R, la résistance en ohms d'un conducteur et p un coefficient qui dépend du déphasage et qui prend les valeurs suivantes d'après la section du cuivre des conducteurs et le $\cos \varphi$ (en prenant la réactance de self-induction linéique $s = \omega l$, égale à 0,4 ohm : km).

Exemple. — Charge, $N = 1\,000$ kw ; tension de la ligne $E = 10$ kv ; longueur de la ligne, 12 km, section du

Digitized by Google

Tableau III.

Section de cuivre en mm²	$\cos\varphi = 0{,}7$	$\cos\varphi = 0{,}8$	$\cos\varphi = 0{,}9$	$\cos\varphi = 1{,}0$
25	$p = 1{,}58$	$p = 1{,}43$	$p = 1{,}28$	$p = 1{,}0$
35	$p = 1{,}82$	$p = 1{,}60$	$p = 1{,}39$	$p = 1{,}0$
50	$p = 2{,}17$	$p = 1{,}86$	$p = 1{,}55$	$p = 1{,}0$
70	$p = 2{,}63$	$p = 2{,}2$	$p = 1{,}77$	$p = 1{,}0$
95	$p = 3{,}22$	$p = 2{,}6$	$p = 2{,}1$	$p = 1{,}0$
120	$p = 3{,}80$	$p = 3{,}1$	$p = 2{,}3$	$p = 1{,}0$
150	$p = 4{,}5$	$p = 3{,}6$	$p = 2{,}7$	$p = 1{,}0$

conducteur, $q = 25$ mm² résistance par kilomètre et par millimètre carré, 17,5 ohms

$$R = \frac{17{,}5}{25} . 12 = 8{,}4 \text{ ohms}$$

perte de tension en ligne à $\cos\varphi = 0{,}7$: $e = \frac{N}{E} . R . p = \frac{1\,000}{10} . 8{,}4 . 1{,}58 = 1\,325$ v,

à $\cos\varphi = 1{,}0$: $e = \frac{1\,000}{10} . 8{,}4 . 1 = 840$ v.

Ces valeurs ne sont naturellement qu'approchées, car, pour les calculer exactement, il aurait fallu bien déterminer les valeurs des caractéristiques de la ligne d'après leurs dimensions.

Le tableau donnant les valeurs de p montre que, pour les faibles sections, l'augmentation des pertes en ligne avec des $\cos\varphi$ décroissants n'est pas aussi sensible que pour les fortes sections; dans tous les cas, il est désirable d'atteindre un $\cos\varphi$ voisin de l'unité.

Les chutes de tension ne sont guère gênantes sur un feeder, mais il faut les rendre aussi faibles que possible sur barres collectrices pour maintenir une tension sensiblement constante, malgré les variations de la charge. Il convient alors de travailler, autant que possible, avec un léger déphasage en avant qui permet d'obtenir une tension pratiquement constante à toutes les charges.

Une ligne peut également améliorer le facteur de puissance; par exemple, dans le cas de conducteurs de faible section où la résistance ohmique est grande devant l'inductance. La chute de tension causée par la résistance est alors grande devant celle causée par l'inductance et le $\cos\varphi$ est amélioré.

Les transformateurs consomment également du courant réactif, d'abord par leur courant magnétisant, ensuite par leur inductance. Tandis que le premier est constant tant que la tension reste constante, le courant réactif dû à l'inductance, au contraire, varie comme le carré de l'intensité du courant. La charge déwattée due à l'aimantation a pour valeur environ 3 ou 4 pour 100 de la charge normale en kilovolts-ampères pour les gros transformateurs et 10 pour 100, quelquefois plus, pour les petits. La variation du courant magnétisant dépend de la courbe de magnétisme. Pour des tensions croissantes le courant magnétisant augmente très vite dès que l'on a dépassé le coude de la courbe.

La composante déwattée due à l'inductance varie, avec la tension, pour des transformateurs à pleine charge, jusqu'à 60 kv, entre 2,5 et 6 pour 100 de la charge en kilovolts-ampères; jusqu'à 110 kv, entre 8 et 9 pour 100 de la charge et jusqu'à 220 kv, entre 12 et 14 pour 100 de la charge.

Le facteur de puissance d'une installation est donc rendu d'autant plus mauvais qu'il existe des transformateurs plus nombreux ou plus puissants travaillant en parallèle et qu'il y a intérêt à en supprimer quelques-uns dès que la charge diminue. On réalise une économie, et sur la perte dans les noyaux de fer, et sur le courant nécessaire pour porter ces derniers à l'induction voulue. La limite de la puissance unitaire des transformateurs est une question qui doit être étudiée dans chaque cas particulier.

La chute de tension en charge dans les transformateurs varie beaucoup avec le facteur de puissance. Pour les appareils à haute tension qui donnent des valeurs élevées de tension en court-circuit, elle est surtout considérable avec un déphasage notable. L'exemple suivant le montre : un transformateur de 100 kv présente les chutes de tensions suivantes entre la marche à vide et à pleine charge

pour $\cos\varphi = 1$, environ 0,9 pour 100,
$= 0{,}9$, environ 4,3 pour 100,
$= 0{,}8$, environ 5,5 pour 100,
$= 0{,}7$, environ 6,3 pour 100.

On voit donc que, si l'on doit, à l'usine, élever la tension à la tension de transmission, puis la ramener à la tension de distribution, on est conduit à une chute de tension de 13 pour 100 à $\cos\varphi = 0{,}7$, valeur encore acceptable pour un feeder, mais inadmissible pour un réseau de distribution

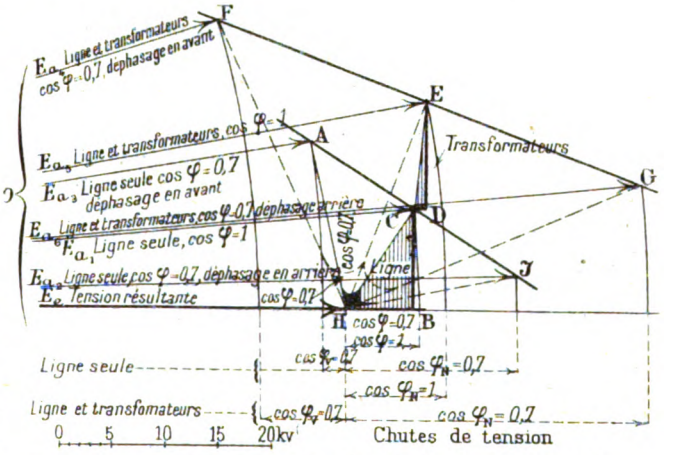


Fig. 1a. — Représentation de la chute de tension dans une transmission triphasée pour différents facteurs de puissance, suivant que l'on tient ou ne tient pas compte de la chute dans les transformateurs.

ou pour les conducteurs reliés aux barres-omnibus. On doit considérer les transformateurs comme une partie de la ligne de transmission et les traiter comme tels. On peut donc dire que les installations à très hautes tensions doivent être exploitées avec un bon facteur de puissance si l'on veut maintenir la tension dans des conditions acceptables.

Les figures 1 *a* et 1 *b* illustrent ce principe. Elles représentent les diagrammes correspondant à une transmission de 25 000 kw, sous un $\cos\varphi$ égal à 1 et à 0,7, le déphasage étant d'abord en avant, puis en arrière; la ligne a une longueur de 100 km et est constituée par des conducteurs d'aluminium ayant une section de 3×120 mm², avec deux transformateurs de 20 000 kv-a à chaque extrémité.

Les courants de capacité de la ligne et magnétisant des transformateurs se compensent presque parfaitement et il

Digitized by Google

n'a été tenu compte ni de l'un, ni de l'autre. On voit, dans ces diagrammes, que les chutes de tension augmentent énormément lorsque l'on fait état de l'inductance considérable des transformateurs en bout de ligne. On voit également que ce n'est que grâce à de pareilles inductances que l'on peut, en charge, diminuer les chutes de tension avec un courant

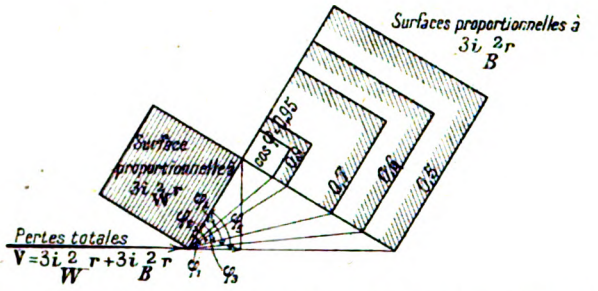


Fig. 1 b. — Pertes dans une transmission triphasée pour différents facteurs de puissance, en séparant celles dues au courant actif de celles dues au courant réactif.

déphasé en avance et même les tranformer en un accroissement de tension.

Il existe des cas où, à cause de la forte inductance des transformateurs et des lignes, la chute de tension devient considérable sous un mauvais cos φ et où on ne peut obtenir aucune amélioration par le choix d'une tension plus élevée. Il faut alors chercher l'augmentation du facteur de puissance par des procédés particuliers susceptibles donner de meilleurs résultats que l'adoption d'une tension plus grande. Le procédé à appliquer varie suivant les cas.

Pour que les usines de production d'énergie électrique puissent contrôler soigneusement la charge de leurs réseaux, il leur faut installer des ampèremètres sur toutes les lignes à haute tension, non seulement dans les centrales, mais encore à tous les nœuds de distribution. Il serait même possible, par mesure d'économie, de placer directement l'ampèremètre sur la ligne à haute tension. En dehors des indicateurs de cos φ, il faut recommander l'emploi d'indicateurs ou de compteurs de courant déwatté pour juger du déphasage, car ces appareils donnent directement la quantité de courant magnétisant ou de capacité qu'il faut fournir à la ligne.

Nous voyons donc qu'elle est, dans nos installations actuelles, l'influence des lignes et des transformateurs sur la variation, qui est le plus souvent une diminution, du facteur de puissance et, qu'il est nécessaire d'amélorer ce dernier chez les abonnés.

Indiquons maintenant les directives que l'on doit adopter lors du choix des moteurs à installer en vue d'une amélioration du facteur de puissance.

Partout où le moteur asynchrone s'impose, les plus petits doivent autant que possible être à cage d'écureuil parce que l'induit en court-circuit, à barres, présente un meilleur cos φ que l'induit bobiné et les plus gros doivent être munis d'un compensateur de phase à collecteur. Chaque fois que l'utilisation le permet, il faut adopter le moteur synchrone. Les commutatrices doivent être munies, pour les réglages de tension, de transformateurs triphasés et non de bobines de self induction.

Si, malgré les compensateurs et les moteurs synchrones, le déphasage en arrière est notable, il faut absorber le courant réactif par des condensateurs synchrones tournant à vide.

Le calibre d'un compensateur de phase doit être soigneusement déterminé au moyen des diagrammes de charge, afin de ne pas conduire à des modèles d'une puissance exagérée. On peut se guider dans le choix du type donnant la puissance compensatrice désirée par l'examen de la figure 2

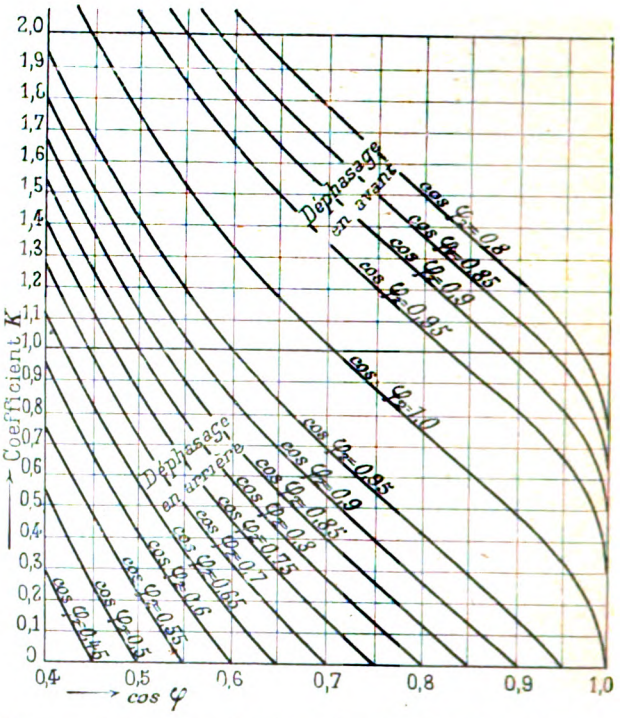


Fig. 2. — Courbes permettant de déterminer la puissance N_B d'un compensateur de phase synchrone, en fonction de la puissance active N, par la relation $N_B = KN$; facteur de puissance sans compensateur, déphasage en arrière : facteur de puissance avec compensateur, déphasage en avant.

pour ne pas adopter un modèle disproportionné avec l'amélioration du facteur de puissance qu'il permet d'obtenir.

Le plan de l'amélioration du cos φ d'une installation doit tenir compte de toutes les particularités de l'exploitation. La réduction du déphasage permet, dans la plupart des cas, des économies notables et une meilleure utilisation du réseau et de ses appareils

Dans le calcul de l'énergie réactive à compenser, il ne faut pas seulement considérer les valeurs de pointe, mais le détail du graphique de consommation. — B. H.

La régulation de la tension sur le réseau bavarois (1).

Le nouveau réseau bavarois d'interconnexion à 100 000 v. dont certaines caractéristiques ont déjà fait l'objet d'études publiées antérieurement, présente le développement figuré sur le schéma de la figure 1. Il comporte douze stations centrales et sous-stations principales et répond aux besoins suivants : distribuer l'énergie électrique produite dans les grandes centrales hydrauliques du sud de la Bavière (lac Walchen et Moyen Isar) en construction, en venant en aide aux centrales existantes devenues insuffisantes; substituer, autant que possible, l'énergie d'origine hydraulique à l'éner-

(1) Léo Kadrnozka. *Elektrotechnische Zeitschrift*, 25 mai 1922, t. XLIII, p. 713-723, 12 000 mots, 17 fig.

Digitized by Google

gie d'origine thermique, les centrales à vapeur actuelles ne devant plus fournir que l'énergie de pointe dans la période des basses eaux; fournir ou échanger de l'énergie avec les pays voisins (Würtemberg et Saxe).

Le problème de la régulation de la tension consiste à assurer une tension suffisamment constante aux différents

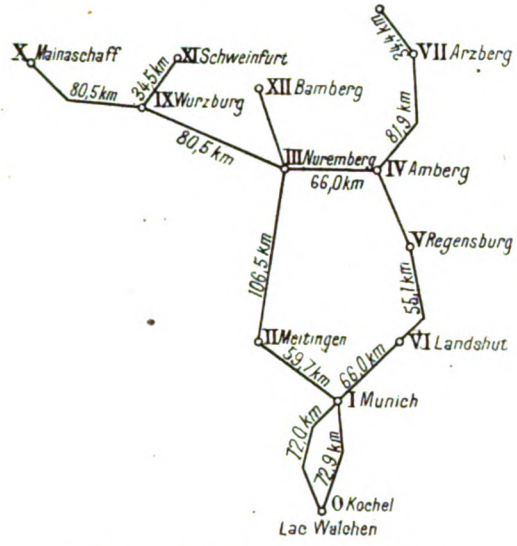


Fig. 1. — Réseau bavarois à 100 000 v.

Sections : O, I, II, III, IV, V, VI, I, 3×12 mm² cuivre,
Sections : III-IX, IX-XI, III-XII, IV-VII-VIII 3×12 mm² aluminium.

réseaux secondaires de distribution proprement dits connectés en différents points au réseau général d'interconnexion, indépendamment des variations de la charge dans des limites données.

Régulation par variation de la tension des centrales. — Soit ΔE_{1a} la chute de tension d'un réseau, correspondant à la charge maximum a, entre le point d'alimentation S et le point de consommation le plus éloigné (fig. 2.) Soit ΔE_{1b} cette

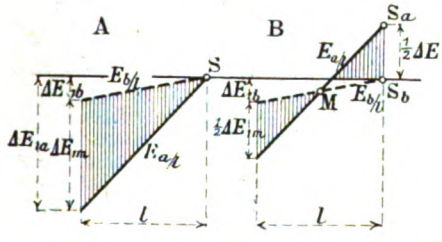


Fig. 2. — Variation de la tension dans un réseau en fonction de la variation de la charge entre les limites a et b : A, sous tension constante au point d'alimentation S ; B, sous tension constante au point milieu M.

même chute de tension pour la charge minimum b. Si la tension est maintenue constante en S, la variation maximum de tension au point le plus éloigné, correspondant à la variation maximum de charge est : $\Delta E_{1a} - \Delta E_{1b} = \Delta E_{1m}$. Si, par contre, la tension en S est plus élevée de $1/2\ \Delta E_{1m}$ pour la charge a que pour la charge b, la variation maximum de tension au point milieu du réseau est nulle ; elle est réduite à 0,5. ΔE_{1m} au point le plus éloigné et elle ne peut pas être comprimée davantage par réglage de la tension au point d'alimentation.

Le réseau bavarois joue le rôle d'interconnexion entre les différents points d'alimentation S de tous les réseaux secondaires de distribution. Pour simplifier l'exposé d'application du principe ci-dessus, on supposera que ces réseaux secondaires ont les mêmes caractéristiques et, en particulier, que la variation nécessaire ΔE_R de la tension en S pour assurer la constance de la tension médiane lors du passage de la charge maximum a à la charge minimum b est la même pour les différents réseaux. En chaque point S, le rapport de transformation des transformateurs sera choisi pour que la tension médiane des différents réseaux secondaires soit la même pour la charge maximum a.

Dans ces conditions, la tension des centrales du réseau général d'interconnexion devra être réglée de façon que la tension médiane du réseau secondaire connecté au centre de gravité de la charge générale (Nüremberg, III) reste constante. En d'autres termes, la tension du réseau d'interconnexion au point Nüremberg devra s'accroître de

$$E_{IIIa} - E_{IIIb} = \Delta_{ER}$$

lorsque la charge croît de b à a.

Il est aisé de voir que la condition optimum

$$E_a - E_b = \Delta_{ER}$$

ne peut être réalisée pour les autres nœuds du réseau d'interconnexion. Soient en effet

$$\Delta E_a \quad \text{et} \quad \Delta E_b$$

les chutes de tension entre Nüremberg et un autre nœud, Munich (I) par exemple.

Les tensions seront en ce point :

Pour la charge a : $E_{1a} = E_{IIIa} + \Delta E_a$.

Pour la charge b : $E_{1b} = E_{IIIb} + \Delta E_b = E_{IIIa} - \Delta E_R + \Delta E_b$.

On a donc

$$E_{1a} - E_{1b} = \Delta E_R + (\Delta E_a - \Delta E_b) = \Delta E_R + \Delta E_m.$$

La tension moyenne du réseau secondaire alimenté au nœud Munich n'est donc pas constante, mais varie avec la charge. La tension moyenne, relative du secteur de Munich,

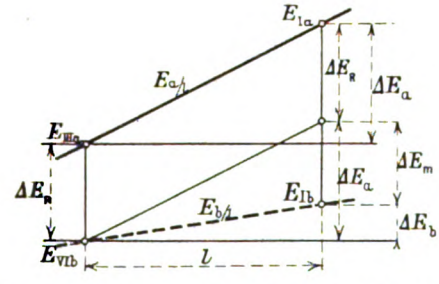


Fig. 3. — Graphique représentant la variation de la chute de tension suivant la charge.

pour la charge b, est donc, en centièmes, de la tension normale. de

$$\Delta E_m = 100\ \frac{\Delta E_m}{E_{1a} - \Delta E_R},$$

trop faible par rapport à la tension normale.

La figure 3 permet de calculer ΔE_m.

Cette variation maximum ΔE_m est différente pour chaque nœud du réseau général d'interconnexion. Elle atteint ainsi :

Munich, 5 pour 100 ; Regensburg, 4,2 pour 100, Mei-

Digitized by Google

tingen, 2,9 pour 100; Landshut, 6,8 pour 100. Ces valeurs sont très élevées; si l'on tient compte, en outre, que les différents réseaux de distribution secondaires n'ont pas le même coefficient ΔE_R, on obtient pour certains de ces réseaux une amplitude encore plus grande de variation de la tension médiane, amplitude incompatible avec les nécessités de la consommation.

Le procédé de régulation par variation de la tension aux centrales est donc insuffisant et ne peut convenir à un réseau aussi étendu.

Régulation par variation de la tension aux sous-stations principales. — Le procédé consiste à maintenir constante la tension médiane des réseaux secondaires de distribution en alimentant ceux-ci par des transformateurs à rapport variable permettant de compenser la chute de tension, variable avec la charge, du réseau général d'interconnexion.

L'emploi de transformateurs à prises multiples ne peut être envisagé, ceux-ci ne pouvant, pour les tensions entrant en jeu (10 à 50 kv au secondaire), être réglables sous charge. Il est nécessaire d'utiliser des transformateurs d'induction qui, ne pouvant être exécutés pour les tensions employées, doivent être placés entre deux transformateurs statiques intermédiaires. Les nombreux inconvénients du système sont évidents et s'opposent à son application : agrandissement et complication des sous-stations principales, diminution du facteur de puissance et du rendement, enfin, augmentation corrélative des frais de premier établissement, d'autant plus considérable que la chute de tension du réseau d'interconnexion étant appelée à devenir de plus en plus grande avec une consommation croissante, les transformateurs sont à prévoir pour des puissances et des écarts de réglage plus importants.

Régulation par variation du facteur de puissance. — Il résulte de l'étude des procédés précédents que, sur les réseaux présentant une étendue aussi grande que celle du réseau bavarois, les variations de chute de tension avec la charge ne peuvent être *compensées*. La régulation de la tension ne peut être réalisée que par un procédé *supprimant* ces variations elles-mêmes. Si ce résultat est obtenu, la tension du réseau devient indépendante de la charge; elle demeure, il est vrai, fonction de l'éloignement de la centrale, ce dont il put être aisément tenu compte par un choix convenable du rapport de transformation aux différentes sous-stations alimentant les réseaux secondaires. La chute de tension ressentie par les consommateurs se réduit à celle des réseaux secondaires, laquelle peut, en outre, être sensiblement compensée, si les différents réseaux secondaires possèdent un ΔE_R voisin, par une variation correspondante de la tension aux centrales du réseau principal. Le problème est ainsi résolu.

Pour un réseau donné alimenté sous tension constante, la chute de tension (somme géométrique de la chute ohmique et de la chute inductive) est fonction de la puissance réelle transmise et du facteur de puissance. Ces deux facteurs peuvent être rendus indépendants et le second, être réglé en fonction du premier de telle façon que la chute de tension reste constante.

Cette solution a été adoptée pour le réseau bavarois; à cet effet, « trois centrales de régulation » sont prévues à Nuremberg, Mainaschaff et Arzberg, qui échangeront avec le réseau général de la puissance purement réactive permettant de régler le facteur de puissance en fonction de la charge de façon à assurer en ces points une chute de tension constante et indépendante de celle-ci. Les résultats obtenus ressortent du graphique ci-contre (fig. 4) donnant les tensions aux différents nœuds du réseau sous la charge maximum a (charge de jour 54 000 kw) et la charge minimum b (charge de nuit 19 000 kw). La différence entre les ordonnées des courbes, $a - b$ et $a_R - b_R$ donne en chaque point la variation maximum de tension sans et avec régulation. Dans le cas où la régulation est appliquée, on voit que cette variation de tension est nulle aux points où sont placés les centrales de régulation et très faibles en tous les autres points.

La puissance réactive totale nécessaire pour permettre la régulation représente 20 pour 100 de la puissance réactive absorbée par les consommateurs (47 600 kv-a), celle-ci étant fournie à raison de 55 pour 100 par les centrales de régulation, 30 pour 100 par la capacité du réseau, 15 pour 100 par les centrales principales. Au nœud « Nuremberg », la puissance réactive de régulation mise en jeu varie de + 7 830 kv-a (jour) (fournie au réseau) à — 4 720 kv-a (nuit) (prise au réseau).

Outre la régulation de la tension, les centrales de régulation jouent un rôle double assurant une meilleure utilisation d'une part, des lignes de transmission et, d'autre part, des sta-

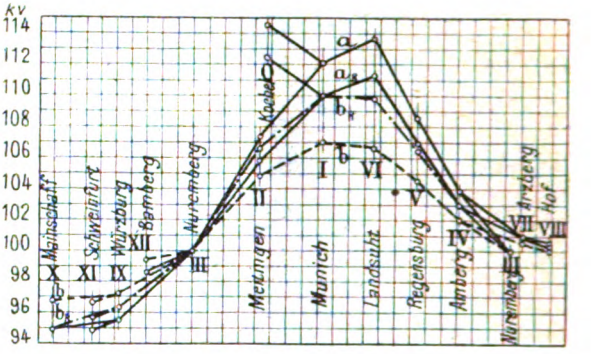


Fig. 4. — Variation de la chute de tension sur le réseau bavarois.

Section a sous charge a sans régulation
id aR id a avec id
id b id b sans id
id bR id b avec id

tions centrales par réduction des pertes ohmiques dans le réseau aux périodes de charge maximum. Les pertes sont, par contre, plus élevées aux périodes de charge minimum, ce qui est de peu d'importance, étant donné qu'à ce moment les machines ne sont pas utilisées au maximum.

Ainsi qu'il a été dit plus haut, il est nécessaire pour maintenir constante la tension aux différents consommateurs que, en plus de la régulation de la tension du réseau général, les différents réseaux secondaires aient la même variation maximum de chute de tension ΔE_R. Pratiquement, celle-ci varie de 8 à 12 pour 100 suivant les réseaux de telle sorte que, si le réseau principal règle sa tension sur la valeur moyenne de 10 pour 100, les consommateurs pourront encore avoir à supporter une variation maximum de tension de $\pm$ 2 pour 100. Or, la plupart des gros consommateurs possédant en général des machines pouvant débiter de la puissance réactive, celles-ci peuvent être utilisées pour la régulation sur le réseau secondaire d'une façon semblable à celle employée pour le réseau principal; les transformateurs de la sous-station principale alimentant chaque réseau secondaire se comportent comme une ligne à inductance élevée et le réglage de la puissance réactive échangée avec le réseau principal équivaut à un réglage du rapport de transformation exécutable dans les limites les plus précises.

Le réglage de la tension comporte ainsi deux phases, d'abord un réglage d'ensemble effectué sur le réseau principal par « les centrales de régulation » ensuite, un réglage plus précis effectué sur chaque réseau secondaire. Si l'on a pris soin de choisir les rapports des transformateurs des sous-stations principales de façon que la variation de la chute de tension en fonction de la charge soit de même sens sur les réseaux secondaires et le réseau principal, les machines réactives de régulation travaillent alors toutes dans le même sens. Les puissances réactives fournies par les machines de régulation des réseaux secondaires viennent en déduction de celles à fournir par les machines de régulation du réseau principal et la puissance réactive totale mise en jeu pour la régulation est réduite au minimum. — A. R.

Digitized by Google

SECTION ÉCONOMIQUE & FINANCIÈRE

Assemblées générales

Compagnie générale d'Electro-Céramique.

ASSEMBLÉE GÉNÉRALE ORDINAIRE DU 6 OCTOBRE 1922.

L'exercice 1921-1922 marque un nouveau progrès dans le développement des affaires de la compagnie.

Le montant des livraisons faites à la clientèle est en notable augmentation par rapport à l'exercice précédent et le chiffre des bénéfices est également en progression grâce à la compression des prix de revient, car l'acuité de la lutte commerciale, non seulement avec les concurrents français, mais aussi avec les fabricants de porcelaine pour l'électricité étrangers, a provoqué une baisse importante des prix de vente.

Par contre, le carnet de commandes à exécuter est, à la fin de cet exercice, en sensible diminution sur le précédent, la crise du petit appareillage électrique ayant réduit notablement les commandes en petits articles et, d'un autre côté, les grands projets d'électrification à haute tension, toujours à l'étude, n'étant pas encore entrés, pour la plupart, dans le domaine de la réalisation.

Le service commercial développe méthodiquement ses moyens d'action.

La compagnie a, d'ailleurs, décidé de ne pas borner ses efforts commerciaux au marché français et de chercher aussi des débouchés dans les pays étrangers tels que l'Angleterre et ses Dominions, la Belgique, la Suisse, l'Italie et l'Espagne; les premiers résultats obtenus dans cette voie sont encourageants.

L'usine d'Andancette, complètement terminée et dont la marche donne toute satisfaction, a apporté un sérieux appoint à la fabrication toujours régulière du centre d'Ivry.

Le Conseil avait rendu compte, l'année dernière, de la décision prise de créer un troisième centre de production très important, à Tarbes, et de l'achat fait du terrain de cette usine et de la licence du four continu type Dressler qui devait y être installé.

Les travaux, poussés avec la plus grande activité, ont été terminés dans les délais prévus; cette usine, munie d'un matériel entièrement moderne et dont le machinisme a été développé au plus haut point possible, en est actuellement à sa période de mise en route.

La compagnie a décidé d'installer à Ivry un superlaboratoire qui permettra d'effectuer des essais sur les isolateurs jusqu'à 1 000 000 de volts à 50 p : s, au moyen de trois transformateurs en cascade connectés de façon à donner à l'extrémité de la dernière borne une tension efficace de 1 000 000 de volts par rapport à la terre.

Ces trois transformateurs pourront également, par un couplage approprié, alimenter à 580 000 v un tronçon de ligne triphasée, monté sur des pylônes disposés en plein air devant le bâtiment du superlaboratoire, c'est-à-dire dans les conditions normales des lignes.

On pourra y étudier, par exemple, les phénomènes relatifs à l'exploitation d'une ligne à 220 000 v avec un coefficient de sécurité de 2,05.

Ce laboratoire, qui sera, au moment de son achèvement, le plus important de France, comprendra, en dehors de son installation à basse fréquence, un ensemble d'appareils à haute fréquence, permettant d'obtenir une étincelle de 2 m de longueur et un dispositif donnant la faculté de soumettre une chaîne d'isolateurs au courant haute et basse fréquence, simultanément.

Les bénéfices de l'exercice ont atteint 1 146 886,43 fr.

Après amortissements de 180 295,80 fr pour Ivry et 181 467,32 fr pour Andancette, il reste 785 123,31 fr à répartir.

Il est versé 5 pour 100 à la réserve légale, 5 pour 100 de dividende au capital versé, 10 pour 100 du reste au Conseil, un dividende supplémentaire de 200 000 fr aux actions.

Sur le reste disponible, 291 280,45 fr, il est affecté à l'amortissement de la prime de remboursement des obligations qui serait ramenée à 1 fr et 150 000 fr à une provision spéciale.

Le solde 66 281,45 fr, auquel s'ajoute le report de l'exercice précédent, 107 507,24 fr, est reporté à nouveau.

Le dividende de 45 fr par action entièrement libérée et de 32,50 fr par action libérée des trois quarts est payable, sous déduction des impôts, à partir du 20 décembre prochain.

BILAN AU 30 AVRIL 1922.

Actif.

	fr
Terrain, construction, matériel, mobilier et fonds de commerce :	
Ivry	2 694 500 »
Andancette	2 050 000 »
Tarbes	657 728,70
Dépenses de l'exercice :	
Ivry	115 795,80
Andancette	731 467,32
Tarbes	3 327 781,17
Caisse et banque	1 094 613,29
Clients et débiteurs divers	1 057 340,17
Titres en portefeuille	33 706,70
Actionnaires	500 000 »
Matières premières et approvisionnements divers	755 724,60
Produits fabriqués	321 178,09
Frais d'émission obligations	1 »
Prime de remboursement	75 000 »
	13 414 836,84

Passif.

	fr
Capital	5 000 000 »
Réserve légale	61 636,60
Provision spéciale	150 000 »
Obligations émises	5 000 000 »
Fournisseurs, créditeurs divers et dépenses à liquider	1 819 876,57
Provision pour coupons à échoir	125 000 »
Coupons à payer	3 930 »
Profits et pertes :	
Bénéfices de l'exercice 1921-1922	1 146 886,43
Reliquat de l'exercice 1920-1921	107 507,24
	13 414 836,84

Société des Forces motrices du Refrain.

ASSEMBLÉE GÉNÉRALE EXTRAORDINAIRE DU 31 OCTOBRE 1922.

Malgré les conditions d'exploitation très difficiles lors de la sécheresse des six premiers mois de l'exercice, le service s'est fait sans aucune perturbation.

La production de l'usine du Refrain est notablement supérieure à celle de l'exercice précédent, ce qui est dû aux bonnes eaux du premier semestre de 1922. Le minimum de

Digitized by Google

production a été constaté en octobre 1921, avec seulement 568 100 kw-h, tandis que le maximum a été obtenu en janvier 1922, avec 3 138 280 kw-h, chiffre non encore atteint depuis la reprise normale du travail après la guerre.

L'achat de courant est sensiblement stationnaire; cela est dû, d'une part, à la situation industrielle actuelle et, d'autre part, à l'impossibilité, pendant tout l'exercice, d'augmenter les maxima d'énergie achetée en supplément de celle produite par l'usine du Refrain.

Quant à l'usine de réserve d'Etupes, sa production dépasse très sensiblement celle de 1920-1921, par suite de la nécessité d'assurer le service pendant les six premiers mois de l'exercice.

Aucune réparation n'a encore été faite au tunnel du Refrain, mais deux nouvelles visites récentes ont permis de constater une aggravation sérieuse sur l'état de l'ensemble observé le 30 octobre 1920. Des décisions urgentes s'imposent et le programme des travaux de consolidation immédiate va être incessamment établi, de manière que sa réalisation puisse se faire dans les meilleures conditions économiques et sans qu'il en résulte une interruption quelconque dans la distribution de l'énergie à tous les abonnés.

Des fuites importantes ayant été constatées aux vannes des turbines du Refrain, avec pertes d'eau fort onéreuses dans les périodes d'étiage, une revision générale est en cours, ce qui grèvera les frais d'entretien, mais avec réelle compensation au compte « exploitation ».

Financièrement, l'exploitation a été beaucoup plus avantageuse que pendant l'exercice précédent par suite de la diminution du prix du charbon et de la nouvelle tarification appliquée depuis le début de 1922 aux principaux abonnés.

Les avenants avec les communes ayant accordé des concessions sont pour la plupart signés, mais la procédure administrative doit cependant être employée, l'une d'elles ayant nettement refusé l'acceptation des conditions proposées.

Durant l'exercice, la société a terminé les travaux suivants :

1° Modification de la disposition des conducteurs sur une partie notable de la longueur de la ligne principale du Refrain à Etupes, dans les tronçons exposés aux formations de givre, pour éviter tous accidents pendant l'hiver;

2° Renforcement de la ligne à 9 000 v fournissant l'énergie à Beaulieu;

3° Installation d'un nouveau jeu de rails à 52 000 v à Etupes, dans le but de faciliter le service et d'assurer la meilleure utilisation de toutes les sources d'énergie qui y convergent;

4° Mutation de transformateurs dans un certain nombre de postes d'abonnés et préparation des sous-stations et de certains postes en vue des extensions futures;

5° Consolidation de quelques lignes à moyenne tension ainsi que de plusieurs réseaux de distribution aux abonnés.

Enfin, la revision totale des deux usines du Refrain et d'Etupes a été faite et il en a été de même pour toutes les sous-stations et les principaux postes de transformation d'abonnés.

Par décision en date du 28 avril 1922 du Conseil d'administration, la ligne principale du Refrain à Etupes est actuellement en pleine transformation. La section des conducteurs étant trop faible pour la transmission de toute l'énergie produite ou achetée, les fils de 6 mm de diamètre sont remplacés en ce moment par des câbles de 72 mm² de section.

Tous les pylônes d'angle ont été remplacés par d'autres de résistance appropriée.

La dépense totale sera de l'ordre de un million de francs.

Enfin, il convient d'annoncer que, par décret en date du 17 août 1922, la Société civile d'Etudes pour l'utilisation des eaux des lacs de Saint-Point et de Remoray et la régularisation du cours du Haut-Doubs, a obtenu la concession d'Etat pour la constitution d'une réserve de quatorze millions de mètres cubes dans les lacs de Saint-Point et de Remoray.

Durant tout l'exercice, il n'a été accepté aucun abonnement important par suite de l'impossibilité d'augmenter l'énergie permanente des fournisseurs, les lignes de transmission n'étant plus de capacité suffisante. Les nouveaux contrats, déjà au point en tant que modalités d'application et prix, ne pourront prendre effet qu'après terminaison complète des travaux en cours d'exécution par Fribourg, d'une part, et sur l'artère principale « Refrain-Etupes », d'autre part, c'est-à dire vers la fin de la présente année.

Les comptes « frais généraux » et « frais d'exploitation » présentent une légère diminution par rapport à ceux du précédent exercice.

Quoique la quantité d'énergie achetée soit du même ordre qu'en 1920-1921, la somme figurant à ce compte se trouve très supérieure du fait que tous les paiements ont été faits en francs français, sans utiliser le compte de « perte au change », ce qui n'était pas le cas au dernier exercice.

Un amortissement spécial a été fait sur les dépenses résultant des études pour nouveaux projets au Refrain et tous les frais, pour l'aménagement éventuel du Doubs franco-neuchatelois ont été également amortis.

Pour les travaux du tunnel, le Conseil décide d'amortir supplémentairement le poste « travaux d'art », d'une somme de 500 000 fr.

Sans cet amortissement, le résultat de l'exercice aurait été favorable; il aurait permis d'envisager la distribution d'un dividende; mais cet amortissement était nécessaire, la prudence le commandait et, en le décidant, le Conseil croit avoir agi au mieux des intérêts de la société.

Le solde du compte de profits et pertes est de 460 398,65 fr. dont il faut déduire 1/20 pour la réserve légale et l'annuité pour le fonds d'amortissement du capital actions, de 48 000 fr.

Il est affecté 350 000 fr à un compte de réserve spéciale destiné à faire face en partie aux dépenses de réparations du tunnel et de reporter à nouveau le solde de 39 378,65 fr.

BILAN AU 30 JUIN 1922.

Actif.

	fr
Immeubles	2 226 560 »
Travaux d'art	1 909 485,65
Travaux électriques	8 694 145,45
Travaux mécaniques	526 452,25
Compteurs	180 587,35
Station de réserve	4 157 191,65
Frais d'études nouvelle prise d'eau	200 000 »
Frais d'émission emprunt 1922	300 000 »
Appareils de mesure	1 »
Mobilier	1 »
Outillage	1 »
Débiteurs	855 290,15
Marchandises générales	361 462 »
Portefeuille des titres	443 051 »
Portefeuille des effets	1 052 000 »
Caisse	722,55
Banquiers	1 195 250,20
	23 354 799,25

Passif.

	fr
16 000 actions à 500 fr	8 000 000 »
6 939 obligations à 500 fr	3 469 500 »
Emprunt 1922	4 500 000 »
Fonds d'amortissement des actions	398 218,07
Fonds d'amortissement des obligations	530 500 »
Fonds de renouvellement	1 880 331,50
Fonds d'amortissement spécial des travaux d'art	338 25[illegible],50
Fonds de réserve	45 000 »
Fonds de prévoyance	
Provision pour amortissement de la station de réserve	1 175 000 »
Compte d'agio	18 500 »
Obligations sorties non remboursées	435 »
Dividendes non encaissés	84 [illegible],50
Coupons d'obligations non encaissés	848 052,50
Créanciers	1 919,35
Banquiers	2 180 »
Intérêts échus	460 398,65
Profits et pertes. Solde	
	23 354 799,25

Digitized by Google

SECTION DE LÉGISLATION

Un programme de répression de la concurrence déloyale

L'auteur a publié antérieurement dans cette même revue (4 mars 1922, t. XI, p. 333-335) une étude sur la concurrence déloyale, au point de vue de ses aspects juridiques, envisagés par la jurisprudence quotidienne, et réprimés par elle. L'étude qui suit, et qui en est le complément logique, poursuit un autre but. L'auteur cherche à classifier méthodiquement les agissements déloyaux, montre l'insuffisance de la plupart des textes qui ont pour but de la réprimer, propose les perfectionnements indispensables, tant par l'accentuation des peines déjà existantes que par l'institution de nouvelles sanctions; en d'autres termes, il s'efforce d'élaborer un programme général et méthodique de répression.

I. **Principes**. — D'une façon générale on a pu dire que la France ne possède pas de loi spéciale sur la concurrence déloyale, et que l'article 1382 du Code civil, qui oblige quiconque cause à autrui un dommage à le réparer, est, dans notre législation, le texte fondamental sur lequel doit se baser, à défaut de texte particulier, le magistrat, pour sanctionner les agissements déloyaux.

Ce système est d'ailleurs commun à de nombreux pays, particulièrement à ceux qui ont gardé le plus fidèlement l'empreinte de la législation napoléonienne, comme la Belgique, le Grand-Duché de Luxembourg, la Hollande, la Suisse et l'Italie ; de même dans d'autres pays de civilisation juridique différente, comme l'Angleterre et les Etats-Unis, il n'existe pas de dispositions législatives spéciales contre la concurrence déloyale, et c'est en vertu de la loi commune, ou de la coutume que les tribunaux répriment les faits considérés comme illicites, et contraires à la morale commerciale.

Un autre groupe de pays, parmi lesquels l'Allemagne, l'Espagne et le Portugal, possèdent une loi spéciale sur la concurrence déloyale. La loi allemande de 1896 a été considérablement remaniée en 1909, et cet exemple a failli décider la Belgique (projet de 1912) à abandonner le système français, et à voter une loi spéciale ; mais la guerre étant survenue avant que le Parlement de nos voisins ait pu sanctionner la proposition du ministre du Commerce, la crainte de paraître emprunter à ses implacables ennemis une législation, dont elle s'était passée pendant plus d'un siècle, lui a fait abandonner, semble-t-il, et pour longtemps désormais, ses intentions d'avant-guerre. Est-ce à dire que le système français soit préférable au système moins répandu, mais plus moderne, de la spécialisation ?

Les deux systèmes n'ont jamais pu obtenir dans les nombreux Congrès nationaux ou internationaux du commerce ou de l'industrie, ou dans les délibérations des organismes intéressés, commissions diverses, chambres de commerce, syndicats, etc..., soit une condamnation formelle, soit une approbation sans réserve.

C'est ainsi qu'au Congrès général, tenu au cours de l'Exposition universelle de 1900, sur l'initiative des chambres de commerce de France, et sous la présidence du ministre compétent, le vœu suivant, très caractéristique de la délicatesse et de l'importance de la question, avait seul pu réaliser l'accord des très nombreux participants :

« Un principe général permettant d'obtenir des réparations civiles contre toutes les formes de la concurrence illicite est préférable pour chaque législation à la codification des principales formes de la concurrence illicite ». Puis le Congrès ajoutait, pour satisfaire les tendances novatrices : « Toutefois la combinaison d'un principe général avec une pareille codification répondrait le mieux à toutes les exigences ».

Cette disposition n'a constitué qu'un vœu platonique pour la plupart des pays représentés, et même en Allemagne les juristes les plus écoutés ont pu faire remarquer qu'une loi spéciale contre la concurrence déloyale, s'inspirant du vœu du Congrès général de 1900, contiendrait en elle-même une raison dissolvante, puisque du moment que son premier article posait un principe général, il devenait inutile d'énumérer les cas spéciaux.

Quant au Congrès des Chambres de Commerce tenu à Paris en juin 1912 il s'est contenté d'émettre le vœu que : « tous les pays, notamment ceux de l'Union de Paris, assurent une protection efficace contre la concurrence déloyale, sous quelque forme et de quelque manière qu'elle se produise » sans indiquer les moyens d'y parvenir. Des discussions intervenues alors, il ressort même que les congressistes entendaient s'en tenir au système en vigueur en France.

Enfin, dernière manifestation internationale importante avant la guerre, la Conférence diplomatique de Washington par son article 10 *bis*, qui prend acte que les pays signataires de la Convention d'Union industrielle « s'engagent à organiser une protection effective contre la concurrence déloyale », ne prescrit aucun moyen particulier et n'impose pas à ses adhérents de faire une loi spéciale.

Digitized by Google

On peut donc déjà conclure, en constatant qu'il existe un grand nombre de lois spéciales sanctionnant la répression de délits particuliers, qui ne sont au fond que des actes de concurrence déloyale, qu'il n'y a pas lieu de réclamer une loi générale contre la concurrence déloyale.

II. **Programme général.** — Est-ce à dire qu'il faut maintenir le statu quo, et se contenter de regretter la trop fréquente impunité des concurrents déloyaux, ou l'insuffisance de la répression de leurs agissements dans de nombreuses circonstances ?

Pas du tout ! Il faut rendre les sanctions plus certaines et plus efficaces, et, pour ce faire, il n'est besoin que de rechercher les lacunes pouvant exister dans nos lois spéciales, qui répriment certains faits particulièrement graves de concurrence déloyale, de combler ces lacunes en faisant tomber sous le coup de ces lois spéciales certains faits, qui échappent quant à présent à des sanctions pénales.

Ceci acquis, il conviendra de conserver intact, pour lui garder toute sa claire vigueur, notre vieil article 1382, si connu, parfois même si ironiquement malmené par nos humoristes, mais qui se maintiendra souple et puissant, fort de son mérite millénaire, puisque notre Code civil l'a reçu intact de notre vieux droit coutumier, qui lui-même l'avait emprunté aux lois romaines.

Il appartiendra, en outre, aux particuliers lésés et surtout aux associations, chambres syndicales et syndicats (et leur action a été renforcée depuis la mise en vigueur de la loi du 12 mars 1920) de rechercher sans pitié les concurrents indignes et de veiller à l'application rigoureuse par les tribunaux des lois renforcées contre les délinquants tant nationaux qu'étrangers.

Il ne faut pas, cependant, s'illusionner sur l'efficacité de la répression pénale.

Une jurisprudence, bien établie depuis quelques années, permet à la victime du concurrent déloyal d'obtenir dans tous les cas, si variés qu'ils soient, du moment qu'elle établit ses griefs, une réparation qui, indépendamment des dommages-intérêts, comprend une publicité, qui n'est pas à dédaigner (affichage de la condamnation, insertions dans la presse), ce qui est d'un intérêt commercial pratique supérieur à la condamnation à quelques francs d'amende.

D'autre part, si, grâce au principe général de l'article 1382, la poursuite justifiée est couronnée de succès dans les cas les plus divers, il faut bien remarquer que les dispositions pénales, étant de droit strict, ne peuvent être invoquées que dans la mesure où elles ont été prévues expressément.

Il faut donc rechercher tous les faits insuffisamment réprimés par la loi générale, les ajouter aux faits graves qui font l'objet de dispositions spéciales, pour qu'ils deviennent justiciables de sanctions pénales.

D'où il convient d'examiner les diverses lois du commerce et, ayant trouvé les lacunes qu'elles présentent, de les compléter pour assurer, sans avoir besoin de faire une loi générale sur la concurrence déloyale, qui serait trop vaste et par suite confuse et insuffisante, la défense du commerce national.

La nécessité, nous l'avons déjà dit, de renforcer les moyens mis à la disposition des commerçants pour lutter contre la concurrence déloyale sous toutes ses formes s'était déjà imposée avec évidence avant la guerre. Les chambres de commerce, les congrès spéciaux et les associations d'industriels s'en étaient particulièrement préoccupés. Tout spécialement en mai 1913 l'une des organisations les plus actives de défense du commerce national, l'Association française pour la Protection de la Propriété industrielle, avait consacré plusieurs séances de son Comité, composé d'industriels, de commerçants, d'ingénieurs-conseils et de juristes éprouvés, à la mise au point d'un projet précis, et un rapporteur particulièrement qualifié, M. E. Rondenay, avocat à la Cour de Paris, avait été chargé d'élaborer un plan de réforme, qui a reçu, depuis, d'importants perfectionnements.

Ce sont les conclusions de ce rapport, tout à fait remarquables (établies en concordance du principe : pas de loi spéciale contre la concurrence déloyale, maintien du régime général de l'article 1382 du Code civil, mais renforcement des lois partielles réprimant pénalement certains délits graves de concurrence déloyale en y faisant rentrer certains faits, qui échappent à leur domaine actuel) qu'il est intéressant d'analyser succinctement et d'offrir, en le complétant au besoin, comme programme de réformes à réaliser le plus tôt possible, si l'on veut préparer notre rénovation économique par la défense effective de notre commerce national contre les manœuvres déloyales, d'où qu'elles viennent.

D'autres rapports, répondant aux mêmes préoccupations, avaient été présentés en juin 1914 au Congrès international des Chambres de Commerce, à Paris, par MM. R. Depuichault, Lucien Coquet, Ryziger et Léonard. Depuis, à l'occasion du Congrès de Londres de 1921 de la Chambre de Commerce internationale, M. G. Maillard a repris l'analyse générale des agissements de concurrence déloyale et les dispositions permettant de les réprimer. Nous nous inspirerons de tous ces travaux pour ébaucher un programme d'ensemble de répression de la concurrence déloyale.

III. **Formes spéciales. Perfectionnements possibles.** — La concurrence déloyale revêt, nous le répétons, les formes les plus diverses; elle se confond parfois avec la contrefaçon proprement dite et tombe, dans ce cas, sous le coup des lois spéciales (loi de 1844 sur les brevets d'invention, loi de 1857 sur les marques de fabrique, lois de 1793, de 1902 et de 1809 sur les modèles et la propriété artistique).

En effet, ces lois atteignent, en plus de la contrefaçon caractérisée, certains actes de concurrence déloyale.

A. **Atteintes aux droits de l'inventeur.** — Par exemple l'article 33 de la loi sur les brevets d'invention réprime deux séries d'actes de concurrence malhon-

Digitized by Google

nête : 1° l'usurpation de la qualité de breveté, qui, en influençant mensongèrement l'acheteur, porte préjudice au véritable inventeur ; 2° l'omission de la mention breveté S. G. D. G. tendant à faire croire que l'invention est délivrée et garantie par le Gouvernement, ce qui porte également préjudice à l'inventeur loyal, qui s'astreint à rappeler consciencieusement au client, conformément à la loi, que l'Etat ne garantit nullement la valeur intrinsèque de sa découverte. Cet article 33 réprime sévèrement les agissement précités ; il prescrit en effet que : « Quiconque dans des enseignes, annonces, prospectus, affiches, marques ou estampilles prendra la qualité de breveté sans posséder un brevet, délivré conformément aux lois, ou après l'expiration d'un brevet antérieur, ou qui, étant breveté, mentionnera sa qualité de breveté ou son brevet sans ajouter ces mots « sans garantie du gouvernement » sera puni d'une amende de 50 à 1.000 francs ».

Or l'expérience a montré que ce texte reste encore insuffisant en pratique.

Par exemple, certains possesseurs de brevets d'invention, pour un simple élément de machine, s'intitulent « brevetés » en laissant croire que la machine entière est protégée par le brevet, ou que le produit qui en résulte est breveté, ou encore que leur matériel dans sa totalité, ou tous leurs produits sont brevetés.

C'est là un acte de concurrence déloyale grave, non réprimé pénalement et qui réclame une sanction. Aussi a-t-on proposé de modifier l'art. 33 de la façon suivante : « Quiconque dans les enseignes, annonces... prend la qualité de breveté sans posséder, pour l'objet, dont il s'agit, un brevet... est puni ».

De même, le Comité de l'Association française pour la Protection de la Propriété industrielle a proposé de supprimer la mention S. G. D. G. et de la remplacer par l'obligation de mentionner visiblement sur toutes les pièces ou emballages le numéro exact du brevet, ce qui rend toute fraude impossible.

Ce sont deux réformes d'apparence insignifiante, mais d'importance pratique considérable, qu'il importe de voir se réaliser à l'occasion de la refonte de la loi des inventions, et il est rassurant de les rencontrer dans le projet du gouvernement.

B. **Atteintes aux détenteurs de marques.** — La loi sur les marques de fabrique réprime également, en plus des faits de contrefaçon, certains actes de concurrence déloyale.

Elle punit correctionnellement (art. 8) la tromperie et la tentative de tromperie sur la nature du produit par l'emploi d'une marque pouvant berner l'acheteur sur la nature du produit. Or cet agissement frauduleux en trompant l'acheteur, porte également préjudice au commerçant qui emploie une marque analogue pour ses propres produits ; ce dernier subit, en fait, une dépréciation de réputation ou une diminution de clientèle.

Elle réprime également d'autres agissements, qui constituent de véritables actes de concurrence déloyale (omissions de marques obligatoires sur certains produits et objets précieux, non-indication du nom du fabricant sur les bouteilles d'eaux minérales artificielles, etc. .). On ne peut que désirer le maintien de ces sanctions pénales à l'égard de faits de concurrence déloyale, qui revêtent un caractère particulièrement malhonnête, tant à l'égard du consommateur (fraudes) que des concurrents soumis aux lois ; il n'est d'ailleurs pas question d'y toucher le moins du monde. La loi du 6 mai 1919 et les décrets consécutifs s'en sont inspirés.

Mais il faut demander, avec M. E. Rondenay et le Comité de l'Association française, d'ajouter à la loi sur les marques, elle aussi en instance de réforme, certaines dispositions nouvelles, afin de pouvoir réprimer plus efficacement certains agissements inadmissibles, qui échappent actuellement à une sanction pénale.

Le projet du gouvernement, du moins le dernier connu, nous donne sur ce point une promesse de satisfaction, en ajoutant à l'article 7 de la loi sur les marques le texte suivant : « Ceux qui sciemment ont contrefait une marque ou fait usage d'une marque sans l'autorisation de l'intéressé, même avec adjonction des mots « façon, recette, imitation, imité, genre, etc... ou de toute autre indication propre à tromper l'acheteur ». Espérons qu'il sera admis tel quel par le Parlement, lorsque ce dernier se décidera à voter le projet.

Il faut aussi demander la répression pénale le l'emploi des décorations nationales ou étrangères, ou tous autres emblèmes de même apparence, qu'il s'agisse d'une marque déposée ou non. On sait avec quelle insistance les maisons allemandes recouvraient avant la guerre leurs produits de drapeaux français ou d'insignes analogues !

La plupart des législations étrangères l'ont d'ailleurs déjà admis.

C. **Substitution de produits.** — Il est de toute nécessité de punir sévèrement la substitution de produit, qui constitue à la fois une fraude envers l'acheteur et une manœuvre dolosive envers le véritable fabricant.

La substitution de produit est un délit très répandu, difficile à faire constater utilement, et qui porte un préjudice considérable à notre commerce ; les Allemands la pratiquaient avec virtuosité. Il n'y aura pas de difficulté à obtenir l'application des peines de l'article 7 à ceux qui ont livré un produit autre que celui qui leur a été demandé sous une marque déposée. Mais toutefois cet article ne pourra jouer que s'il s'agit d'une marque déposée. Or, il faut demander davantage et étendre l'effet de cette répression au nom commercial expressément, qui généralement ne fait pas l'objet d'un dépôt sous forme de marque. Il n'y a qu'à étendre la portée du décret du 19 août 1922 sur les vins.

Si cette réforme pouvait être réalisée, la substitution du produit sous toutes ses formes serait atteinte avec certitude dans toutes ses manifestations. Ce serait un rude coup porté à une fraude courante, qui lèse autant le consommateur, actuellement complètement désarmé, que le commerçant dont les produits sous le régime actuel sont systématiquement subornés et dépréciés. Il

Digitized by Google

faut insister énergiquement sur la nécessité de combler cette grave lacune et d'organiser la répression sévère par l'extension de certains textes (art. 7 et 8) de la loi sur les marques. Le Parlement ne peut vraiment hésiter à voter ces dispositions, agréées déjà par une série de gouvernements étrangers, et qu'exige la défense de notre commerce.

A remarquer que la substitution de produit est un fait réprimé par la jurisprudence et que, pour les vins et spiritueux, les décrets de 1913-1920 et le dernier en date du 19 août 1921 ont assuré une protection efficace des produits contre toute substitution. Un décret plus récent encore l'a étendue aux eaux minérales et de boisson ; il n'y a qu'à compléter l'énumération et à incorporer dans le texte nouveau.

D. **Atteintes à la propriété artistique.** — La loi de 1909 sur les dessins et modèles, comme celles de 1793 et de 1902 sur la propriété artistique ne contiennent que des dispositions concernant la contrefaçon ; il ne paraît pas possible d'y comprendre les agissements déloyaux particuliers à leur genre d'exploitation.

Toutefois, il arrive fréquemment que, pour bénéficier de la renommée d'une publication, de la faveur accordée à un titre d'ouvrage ou de journal, certains auteurs n'hésitent pas à commettre de véritables actes de concurrence déloyale qui, en l'absence de textes répressifs, ne peuvent tomber que sous l'application du droit commun (art. 1382 Code civil). Ces titres ne pouvant être déposés comme marques, il n'est pas possible d'invoquer la loi de 1857.

Il semble donc désirable que l'on ajoute à la loi de 1793 un alinéa assimilant ces agissements déloyaux trop fréquents à des faits de contrefaçon véritable et de les punir comme tels. C'est encore une lacune à combler.

E. **Formes diverses.** — En dehors de ces textes couvrant le domaine déjà considérable de la propriété industrielle, commerciale et artistique, il existe encore de nombreux textes tendant à réprimer des délits ou quasi-délits, lésant aussi bien le producteur que le consommateur.

Bien que ces lois, survenues au fur et à mesure qu'il devenait nécessaire de protéger le libre exercice de la loyale concurrence contre l'ingéniosité inépuisable des négociants sans scrupules, envisagent les infractions les plus variées, elles sont encore insuffisantes, et il semble en tout cas possible et désirable d'y faire rentrer certains agissements graves, qui jusqu'ici ne peuvent être réprimés que civilement, par application des principes généraux du droit commun. Là encore il faut innover.

Dans son rapport si documenté sur la répression de la concurrence déloyale, qu'a fait sien le Comité de l'Association française pour la Protection de la Propriété industrielle, M. E. Rondenay range la concurrence déloyale sous quatre catégories principales : 1° désir de produire une confusion entre deux établissements ; 2° désir de créer une confusion entre des produits ; 3° désir de détourner la clientèle sans produire de confusion ; 4° désir de profiter d'une clientèle en violant un contrat.

Il faut y ajouter une cinquième catégorie, dont le développement inquiétait de plus en plus les commerçants avant la guerre (et dont les Allemands, qui ont des raisons particulières de la bien connaître, ont positivement organisé la répression dans leur loi de 1909), la concurrence déloyale par l'espionnage commercial.

1° Atteintes au nom commercial, aux noms de lieux et d'origine. — Le nom commercial (nom patronymique, pseudonyme, raison commerciale), lorsqu'il est un élément important de crédit, s'identifie avec l'enseigne, concrétise une réputation et domine de son éclat le fonds de commerce.

Aussi est-il l'objet d'imitations plus ou moins ingénieuses, plus ou moins cyniques, voire même de véritables contrefaçons de la part de négociants moins soucieux de leur réputation commerciale qu'avides de profiter de la notoriété acquise à force de travail et de probité par leurs rivaux réputés.

Ces pratiques, devenues de plus en plus fréquentes, de plus en plus graves dans leurs effets au fur et à mesure du développement du commerce, sont réprimées par une excellente loi, qui a fait ses preuves depuis 1824.

On l'a cependant trouvée d'une application trop étroite et, à juste titre, on a désiré y faire rentrer la répression des usurpations frauduleuses des noms des localités. On s'est alors heurté à des difficultés considérables.

En cherchant à profiter de cette refonte, qui s'imposait d'ailleurs, pour supprimer le régime malheureux des délimitations administratives, puis pour étendre le bénéfice de la protection aussi bien à tous les produits naturels réputés qu'aux produits fabriqués, on arriva à envisager une organisation approfondie de la lutte contre la fraude sur les indications d'origine et de provenance, question très complexe, déjà abordée par différents textes de législation tant intérieur qu'internationale (lois de 1857 sur les marques, art. 19; loi de douanes de 1892, art. 15; arrangement de Madrid de 1891, etc...)

Cependant, malgré le nombre déjà élevé de textes répressifs, de nombreuses fraudes échappaient encore à toute sanction efficace.

Nous avions eu à lutter avant la guerre contre des organisations allemandes puissantes qui, à l'étranger surtout, et sur notre propre territoire même, nous laissaient désarmés et portaient un préjudice énorme à notre commerce.

Leur procédé le plus courant consistait à introduire en France, ou à expédier à l'étranger, après les avoir fait transiter chez nous, des objets sans indication d'origine, mais revêtus postérieurement d'un nom ou d'un signe tendant à faire croire à une origine française (Canrobert, Marseille, Amoureuse, etc...)

Par exemple des articles de lingerie de fabrication

Digitized by Google

autrichienne étaient introduits sans marque, puis revêtus de noms tendant à faire croire à une fabrication française; des thermomètres bruts venant d'Allemagne étaient munis, en France, d'une graduation centigrade et présentés à l'essai au Conservatoire des Arts et Métiers pour être vendus comme articles nationnaux; des canons de fusil de même provenance étaient soumis au banc des épreuves des Chambres de Commerce de Paris ou de Saint-Etienne et estampillés, etc...

Le Comité de l'Association française, ému par ces pratiques illicites, avait proposé un nouveau texte de la loi de 1824 qui, par sa généralité en même temps que par sa précision, permettait la répression certaine de tous ces agissements déloyaux.

Ce texte avait obtenu l'adhésion de la Commission technique de l'Office national de la Propriété industrielle. Inspirés par ces manifestations, les gouvernements qui se sont succédé de 1910 à 1914 ont essayé de résoudre à la fois la question de la contrefaçon des noms commerciaux et géographiques en supprimant du même coup les délimitations.

Ils se sont heurtés à des résistances invincibles de la part des bénéficiaires et notamment des négociants en vins, et le projet n'a pu venir en discussion avant la guerre.

A l'occasion du Congrès industriel de Roubaix de 1911, l'Association française supplia le gouvernement d'abandonner le projet général si discuté et d'étudier un projet spécial restreint à la modernisation de la loi de 1824 sur les noms commerciaux et de localité.

Elle proposa finalement de se contenter d'ajouter une disposition à l'article premier de la loi de 1824, lui permettant d'atteindre, sans risquer de rencontrer des difficultés excessives, le but désiré par tous : « Quiconque aura apposé... un nom ou une raison commerciale, ou toute autre indication de nature à tromper l'acheteur sur l'origine véritable du produit... »

La loi du 6 mai 1919 et le projet de réforme de l'article 15 du tarif général des douanes de 1892 (rapport Marcel Plaisant et Noël) constituent un progrès sérieux. Des lois de circonstance répriment diverses fraudes commises sur les conserves de légumes, de poissons, de fruits, sur les vins (notamment la loi du 11 juillet 1906, celle du 28 juin 1913 et 1er février 1898); elles ont donné de bons résultats, mais ce serait, là encore, combler une lacune importante que de les étendre à tous les autres objets d'alimentation, qui s'abritent derrière une réputation de fabricant ou de localité. Il faudrait étendre à tous les produits d'origine la protection assurée par les décrets susvisés pour les vins et spiritueux.

2° Usurpations de fausses qualités. — La loi sur le registre de commerce (firmes) a apporté, d'autre part, un moyen nouveau de contrôle et de défense contre les usurpations déloyales.

Nous avons vu que la loi de 1857 sur les marques réprime, très efficacement, la concurrence déloyale ayant pour but une confusion entre les produits à l'aide d'une marque. Sous le bénéfice des observations présentées à ce sujet, il ne paraît pas y avoir dans ce domaine de réforme à introduire

Plus ingénieux, mais non moins coupables, sont certains imitateurs qui s'efforcent de détourner la clientèle sans chercher positivement à produire une confusion et sans risquer ainsi d'être poursuivis en contrefaçon.

Ils agissent déloyalement, mais en quelque sorte passivement, envers les concurrents, dont ils cherchent à détourner la clientèle à leur profit. Ils se targuent, par exemple, de qualités factices, de titres inexistants, de récompenses fictives ; par ces moyens, ils trompent l'acheteur au détriment du concurrent modeste et sincère, confiant en son seul mérite.

Ils procèdent aussi parfois par dénigrement systématique des produits de leurs rivaux, cherchent par les moyens les plus inavouables à connaître leurs procédés de fabrication, leurs intermédiaires et correspondants pour les suborner, leurs listes de clientèle, se groupent parfois en véritables syndicats de contrefacteurs pour éparpiller les responsabilités, diminuer les risques et accroître leurs moyens de lutte, etc...

Quelques-uns de ces dangereux agissements sont réprimés pénalement ; il est désirable que dans ce domaine, encore si vaste, toute une nouvelle catégorie d'actes déloyaux soit l'objet de sanctions correctionnelles; le principe général de l'article 1382 du Code civil suffit par ailleurs à réprimer les moins graves d'entre eux. Un examen rapide va permettre de préciser les réformes nécessaires.

Depuis la loi de 1912, remplaçant celle de 1886, l'usage des médailles et récompenses est étroitement réglementé pour réprimer tout usage de fausses qualités ou tout abus des distinctions accordées.

Une longue liste de délits qu'engendre l'usage abusif ou illicite de récompenses industrielles est énumérée dans la loi, fait l'objet de sanctions sévères, et il faut reconnaître que, si nombreuses puissent être les infractions au principe de la loi sur les médailles et distinctions, aucune ne paraît désormais pouvoir échapper à la répression.

3° Dénigrement. — Le dénigrement des concurrents par prospectus, circulaires, catalogues ou affiches peut, s'il revêt une certaine gravité, tomber sous le coup de la loi sur la diffamation et être poursuivi correctionnellement.

Mais, là encore, il semble qu'il y ait une lacune à combler. Pourquoi ne pas rendre passible de sanctions pénales toute récidive de dénigrement, même si elle échappe juridiquement à la loi de 1881 sur la presse ?

4° Ventes au rabais. — Une loi du 30 décembre 1906, complétant la loi du 25 juin 1841, réprime les agissements déloyaux commis au moyen de « ventes au déballage » et la jurisprudence, interprétant strictement la loi, en fait application aussi bien aux commerçants sédentaires qu'aux nomades, qui ont la spécialité de ces procédés.

Digitized by Google

De même, une loi du 15 février 1898 réglementa le commerce des brocanteurs et une autre, du 16 juillet 1912, la circulation des forains et nomades et l'exercice des professions ambulantes. Enfin, une loi du 21 mai 1836 interdit les loteries, ventes à primes, tirages au sort, etc...

De sorte que tous les procédés plus ou moins déguisés de vente frauduleuse, qui portaient un considérable préjudice aux commerçants des petites agglomérations sont aujourd'hui efficacement réprimés. Il n'y a donc rien à demander de plus.

5° Violation des conditions de cessions de fonds de commerce. — Il y a aussi toute une catégorie d'agissements frauduleux qui peuvent naître à l'occasion de cessions de fonds de commerce : violation d'engagements pris par le vendeur, par l'employé quittant la maison ou l'associé défaillant, engagements de ne pas se rétablir dans le même commerce ou de ne le faire que sous certaines conditions de temps ou de lieu ; ou encore exercice d'un commerce similaire, malgré les clauses contraires des baux, par des locataires du même immeuble.

Il est vrai que ces manœuvres tombent sous le coup de l'article 1382, mais ne serait-il pas logique de les correctionnaliser, lorsqu'il y a récidive ?

6° Espionnage industriel et commercial. — Des dispositions très sévères protègent, théoriquement du moins, l'industriel contre les abus de confiance de ses employés, contre l'espionnage des concurrents, les entraves apportées à la liberté du commerce par des coalitions, contre les accapareurs, etc...

Le Code pénal contient à cet égard toute une série de dispositions draconiennes ; la seule difficulté est de pouvoir les appliquer.

Aussi, semble-t-il, qu'en conformité de réclamations maintes fois présentées déjà, il y ait lieu de remédier à certaines fissures de l'article 418 relatif aux violations de secrets de fabrique.

Celui-ci ne frappe pas, en effet, l'employé, lorsque la divulgation n'a lieu qu'après son départ de la maison ; le texte n'atteint pas davantage celui qui se procure un secret de fabrique par un moyen autre que la divulgation, ou qui, n'étant pas employé dans la maison, reçoit communication du secret et le transmet à des tiers qui en profitent. La sanction civile de l'article 1382 contre ces pratiques détestables est manifestement insuffisante, et il semble bien que, de toute nécessité, il faudra la remplacer, dans tous les cas par la sanction pénale de l'article 418 élargi.

De même que la divulgation des secrets de fabrication n'est que difficilement punissable, aucun texte ne prévoit en France le châtiment pour l'usurpation par des moyens déloyaux des secrets commerciaux ; des projets ont été déposés ; il serait indispensable qu'ils viennent renforcer l'action difficile à exercer de l'article 418 du Code pénal.

Et cependant le dommage est d'importance lorsque l'employé indélicat procure à un concurrent les méthodes de publicité, les listes de clients, les références diverses, le relevé des produits préférés par telle ou telle région, les prix de revient, etc... établis à grand-peine, après de coûteux essais et de longs efforts, par des maisons justement renommées !

Là encore l'Allemagne, sans doute très documentée sur l'efficacité de ces manœuvres pratiquées chez elle par de véritables virtuoses, nous a devancés ; elle a inséré dans sa loi de 1900 sur la concurrence déloyale des règles dont nous pourrions nous inspirer.

7° Fraudes et tromperies diverses. — On sait que la loi du 1er août 1905 sur les fraudes a été critiquée comme insuffisante à réprimer les tromperies ; conçue dans l'intérêt des consommateurs, elle ne protège pas le concurrent lésé cependant directement par le fraudeur exerçant la même industrie, qui, grâce aux ventes qu'il s'assure à bas prix et par suite en grand nombre, restreint pratiquement l'importance de celles de ses concurrents tout en dépréciant par contre-coup leurs produits. Toutefois, il faut constater un progrès dans la répression, due à l'extension donnée aux interventions collectives et à l'accroissement de leurs moyens d'action.

Le commerçant, à cause du caractère exclusif de l'article premier, ne peut que rarement agir seul avec succès ; il doit, pour avoir chance de réussir, faire intervenir son groupement syndical : la jurisprudence s'est montrée de plus en plus disposée à favoriser cette intervention des syndicats aussi bien dans l'intérêt particulier du syndicat que dans l'intérêt public.

L'extension de la capacité, qui est accordée aux syndicats par la loi du 12 mars 1920 et qui leur donne le pouvoir d'ester en justice, même dans l'intérêt indirect et particulier des membres du syndicat, permet désormais aux groupements professionnels d'agir plus efficacement contre les délinquants ; cette loi combine son action avec celle de la loi du 6 mai 1919. Par suite, aucun acte grave de concurrence déloyale, ayant pour base la mise en œuvre de fraudes établies, ne semble pouvoir échapper à la répression. Il convient encore de citer, pour être complet, la loi du 28 août 1916 sur les ventes de marchandises, la loi du 16 février 1919 sur la corruption des employés et, en outre, la loi sur la presse de 1881 (art. 29) à laquelle il a été fait allusion.

F. Répression internationale. — C'est sur ce terrain que la répression est évidemment la plus insuffisante, et les moyens de l'améliorer sont fonction de tant de facteurs que le progrès semble devoir être long et pénible.

A défaut de traités particuliers, ne renfermant à cet égard que des clauses de forme et sans portée pratique, nos nationaux en sont réduits, pour se défendre à l'étranger contre l'intense concurrence déloyale aux multiples formes qui sévit contre leurs produits, à compter sur la Convention internationale d'Union de Paris de 1883, revisée en dernier lieu à Washington

Digitized by Google

en 1911, sur les Arrangements de Madrid, intervenus entre un nombre trop restreint de pays, et à peu près dépourvus de sanctions, et, au regard de nos anciens ennemis, sur les prescriptions spéciales des traités de paix (art. 274 et 275 du traité de Versailles et articles correspondants des autres traités).

Tous ces textes sont très insuffisants, et malgré la résolution votée à Washington par l'unanimité des pays représentés, enregistrant l'engagement des signataires d'assurer internationalement la répression de la concurrence déloyale, les fraudes de toute nature, lorsqu'elles dépassent les frontières, demeurent la plupart du temps presque complètement impunies.

Un mouvement semble cependant se dessiner assez nettement en faveur de sanctions plus réelles, depuis que, depuis la guerre, en développant leur production nationale, les divers pays semblent avoir pris plus conscience de leurs véritables intérêts.

Il faut espérer qu'à l'occasion de la Conférence de revision, qui doit se tenir à La Haye en 1924, des mesures d'ordre international seront enfin adoptées qui permettront d'amorcer une répression plus effective des agissements déloyaux.

IV. **Conclusion.** — Pour conclure, il semble qu'il ne soit pas nécessaire ni même désirable d'élaborer de loi spéciale sur la concurrence déloyale qui risquerait, par sa généralité inévitable, de laisser imprévus et par suite impunis, de nombreux actes illicites, pouvant être dès maintenant atteints, tant par les termes généraux de l'article 1382 du Code civil, que par les nombreuses lois spéciales; mais il faut étendre le domaine d'action de ces lois, notamment en y faisant rentrer, afin de les réprimer pénalement, les agissements qui ne sont encore l'objet que de sanctions civiles.

Il faut, à l'occasion de la conclusion des traités de commerce en cours de négociation ou à l'occasion du renouvellement de ceux venant à expiration, obtenir de nos négociateurs qu'ils y introduisent les dispositions nécessaires, en s'inspirant des dispositions correspondantes de nos lois et des projets prônés par nos groupements qualifiés. Les chambres de commerce, les grands syndicats doivent faire pression sur le Gouvernement pour le décider à agir dans ce sens; le moment semble d'autant plus favorable que la Chambre de Commerce internationale semble résolue à les y aider.

FERNAND-JACQ,
Docteur en droit,
Avocat à la Cour d'Appel de Paris.

Législation, jurisprudence, réglementation

Sur l'emploi du chèque pour le recouvrement des montants des factures.

Le « Journal officiel » du 9 novembre 1922 publie, page 3014 des « Débats parlementaires, Chambre des Députés », la question et la réponse qui suivent.

14 632. — M. Grinda, député, demande à M. le ministre des Finances si rien ne s'oppose à ce que les maisons de commerce fassent toucher chez leurs clients le montant de leur relevé de facture en donnant comme quittance un chèque timbré à 10 centimes (Question du 12 octobre 1922.)

Réponse. — Le chèque est un instrument de payement, et non pas un titre libératoire. Toutefois, en l'état actuel de la législation, rien ne s'oppose à ce qu'un chèque, timbré à 10 centimes ou à 20 centimes, soit utilisé pour le recouvrement du prix de marchandises : mais il est indispensable, en pareil cas, qu'il y ait entre les mains du tiré une provision préalable disponible, c'est-à-dire que les fonds soient exigibles lors de l'émission du chèque et qu'il ait été convenu, entre les parties, qu'il pourrait en être disposé de cette manière. Si cette double condition n'est pas remplie, l'emploi du chèque à l'usage ci-dessus envisagé, expose les commerçants à des sanctions fiscales et même pénales.

Sur l'application de la loi relative au privilège du Trésor sur les bénéfices de guerre.

Le « Journal officiel » du 8 novembre 1922 publie, page 1309 des « Débats parlementaires, Sénat », la question et la réponse qui suivent.

5336. — M. Vallier, sénateur, demande à M. le ministre des Finances si la loi relative à l'exercice du privilège du Trésor en ce qui concerne les bénéfices de guerre, qui permet aux assujettis d'obtenir la mainlevée du privilège contre la consignation soit en titres, soit en immeubles, du double des sommes réclamées, n'implique pas implicitement que, si cette consignation est faite en espèces, l'assujetti ne sera tenu à consigner que le simple montant des sommes réclamées. (Question du 5 octobre 1922.)

Réponse. — Réponse négative. Il résulte des travaux préparatoires de la loi du 10 août 1922 que, si le législateur a exigé de la part des contribuables qui désirent obtenir dispense de l'inscription du privilège ou mainlevée de l'inscription prise, la constitution de garanties pour une valeur double des cotes mises en recouvrement, c'est dans l'intention de prémunir le Trésor, non seulement contre les risques de la dépréciation du gage, mais aussi contre les risques résultant, et pour le Trésor et pour les tiers, de l'établissement d'une imposition supplémentaire.

Sur la responsabilité des compagnies de transport en ce qui concerne le poids des objets transportés.

Le « Journal officiel » du 25 octobre 1922 publie, page 2813 des « Débats parlementaires, Chambre des Députés », la question et la réponse qui suivent.

14 841. — M. Yves Thomas, député, demande à M. le ministre de la Justice si la remise à l'expéditeur, par les chemins de fer, d'un récépissé régulier indiquant sans aucune réserve le poids des marchandises qui leur sont remises, entraîne, sans restriction aucune, suivant l'article 103 du Code de Commerce, leur responsabilité pour le cas de manquant, même quand ils acceptent le poids déclaré par l'expéditeur. (Question du 11 octobre 1922.)

Digitized by Google

Réponse. - La chancellerie ne peut donner, par voie administrative, une solution aux difficultés provenant de l'application des lois dont l'interprétation incombe à l'autorité judiciaire. Sous cette réserve expresse de l'appréciation des tribunaux, il semble que, lorsque le poids d'une marchandise a été accepté par une compagnie de chemins de fer dans le récépissé qu'elle délivre à l'expéditeur, celle-ci soit responsable de ce poids ainsi pris en charge, sans qu'elle puisse s'exonérer en tout ou en partie de cette responsabilité pour la raison que le poids indiqué n'aurait pas été effectivement vérifié par elle.

Proposition de loi concernant les sociétés coopératives agricoles d'électricité.

Le « Journal officiel » du 22 octobre 1922 publie, page 1461 des « Documents parlementaires, Chambre », la proposition de loi suivante présentée par M. Jules Uhry, député, à la première séance du 8 juillet 1922 de la Chambre des Députés.

Exposé des motifs. — I. Les coopératives agricoles d'électricité de l'Oise ayant obtenu une avance de l'Etat ont été obligées d'augmenter leur capital initial qui, de par la loi du 24 juillet 1867, article 49, ne pouvait dépasser 200 000 fr.

Cette augmentation a été réalisée et rendue indispensable, par suite de :

A. L'obligation prise envers l'Etat (comme conditions du versement de l'avance qui a été de 900 000 fr) d'augmenter le capital initial et de le porter à 300 000 fr au minimum ;

B. L'obligation de réaliser l'achèvement des travaux du secteur ;

C. L'obligation d'accueillir des coopérateurs nouveaux ;

II. Les coopératives se trouvent dans l'impossibilité légale de régulariser cette augmentation de capital, dans les conditions prescrites par les articles 1, 24, 55, 56 et 61 de ladite loi du 24 juillet 1867, pour les raisons suivantes :

Le capital initial fixé par les statuts des coopératives agricoles d'électricité approuvées par l'Etat a été souscrit en parts de 25 fr (loi du 24 juillet 1867, art. 1 et 24)

Les statuts des coopératives agricoles d'électricité fixent le taux des parts à 25 fr pour permettre l'adhésion de tous les ouvriers agricoles qui n'auraient pu être tous admis si les parts avaient été de 100 fr.

De plus, le minimum par pièce d'habitation et le maximum par hectare auraient donné un capital supérieur au maximum légal de 200 000 fr, si les parts avaient été de 100 fr.

Ces faits étant acquis, on se heurte aux principes suivants :

A. Toutes les actions doivent être d'une valeur nominale (loi du 2 juillet 1867, art. 34, modifié par les lois des 9 juillet 1902 et 16 novembre 1903) ;

B. Les sociétés ne peuvent diviser leur capital en actions de moins de 100 fr lorsque le capital est supérieur à 200 000 fr (loi du 24 juillet 1867, art. 1er et 20) ;

C. Les souscripteurs d'une part de 25 fr du capital initial ne peuvent ni être tenus d'augmenter leur souscription si elle est suffisante pour répondre aux stipulations de l'article 6 des statuts des coopératives d'électricité, ni être éliminés de la société, en dehors des cas limitatifs d'exclusion prévus par l'article 12 des mêmes statuts.

Les coopératives agricoles d'électricité de l'Oise ne peuvent légalement régulariser leurs augmentations de capital qu'en parts de 25 fr, ce qui est contraire à la loi, et sanctionné par l'article 13 de la loi du 24 juillet 1867.

Le seul remède consiste dans le vote urgent d'une réforme législative dont le texte pourrait être le suivant :

Proposition de loi. — Article premier. — Par dérogation aux dispositions des articles premier et 24 de la loi du 24 juillet 1867, le montant nominal des parts sociales des sociétés anonymes coopératives agricoles à capital et à personnel variables, ayant pour but la distribution de l'électricité dans les campagnes, ne pourra être inférieur à 25 fr ni supérieur à 100 fr, quel que soit le capital de la société.

Art. 2. — Par dérogation aux dispositions de l'article 49 de la loi du 24 juillet 1867, le capital des mêmes sociétés ne pourra être fixé, lors de la fondation, à une somme supérieure à 200 000 fr ou augmenté en une année de plus de 200 000 fr.

Sur le régime forfaitaire en ce qui concerne la taxe sur le chiffre d'affaires

Le « Journal officiel » du 30 novembre 1922 publie, page 3632 des « Débats parlementaires, Chambre des Députés », la question et la réponse suivantes :

15187. — M. Aimé Piton, député, demande à M. le ministre des Finances si le règlement d'administration publique établissant le forfait en ce qui concerne la taxe sur le chiffre d'affaires a été promulgué et, dans le cas de l'affirmative, s'il est en application et depuis quelle date. (Question du 3 novembre 1922.)

Réponse. — L'article 67 de la loi du 25 juin 1920, tel qu'il a été modifié par l'article 28 de la loi du 31 décembre 1921, prévoit deux régimes forfaitaires pour les redevables de l'impôt sur le chiffre d'affaires, savoir : 1° un régime forfaitaire obligatoire pour l'administration profitant aux redevables dont le chiffre d'affaires ne dépasse pas 120 000 fr ou 30 000 fr, suivant la nature de leurs opérations ; 2° un régime forfaitaire dont la concession est facultative pour l'administration à laquelle la loi a remis le soin de définir les redevables susceptibles d'en bénéficier, ainsi que d'en régler les autres modalités. C'est uniquement pour ce second régime forfaitaire que l'émission d'un règlement d'administration publique a été prévue. Son organisation a fait l'objet de l'article 19 du règlement d'administration publique du 24 juillet 1920 (« Journal officiel du 25 juillet ») et il est en application depuis cette époque. Quant au premier régime forfaitaire, dont l'introduction dans la législation a été le but de l'article 28 de la loi du 31 décembre 1921, il est entré en application dès le 1er janvier 1922 et a fait l'objet de l'article 19 du règlement d'administration publique, puisque la loi a réglé elle-même ses modalités et n'a pas prévu, en conséquence, l'émission d'un tel règlement.

Sur le privilège du Trésor concernant la taxe sur le chiffre d'affaires.

Le « Journal officiel » du 30 novembre 1922 publie, page 3629 des « Débats parlementaires, Chambre des Députés », la question et la réponse suivantes :

14896. — M. René Lafarge, député, demande à M. le ministre des Finances si la taxe sur le chiffre d'affaires, instituée par la loi du 25 juin 1920, est garantie par un privilège et, dans le cas de l'affirmative, en vertu de quel texte, ajoutant que l'administration des Contributions indirectes produit à ce sujet dans une faillite à titre privilégié, alors que l'administration de l'Enregistrement produit à titre chirographaire. (Question du 13 octobre 1922.)

Réponse. — La loi du 25 juin 1920, qui a institué l'impôt sur le chiffre d'affaires, n'a attaché aucun privilège au recouvrement de cette taxe. Mais, l'administration des Contributions indirectes tient, de l'article 47 du décret du 1er germinal an XIII, un privilège général qui s'applique à tous les droits dont la perception lui incombe. C'est en se prévalant de ce texte qu'elle a été amenée à produire dans les faillites à titre de créancière privilégiée, même quand il s'agit de l'impôt sur le chiffre d'affaires. On ajoute que la Commission des Finances du Sénat vient d'insérer, sur la proposition du Gouvernement, dans le projet de loi relatif à l'impôt sur le chiffre d'affaires, soumis actuellement aux délibérations de la Haute Assemblée une disposition suivant laquelle l'impôt sur le chiffre d'affaires, ainsi que les indemnités ou amendes dues par les redevables de cet impôt, jouiront, soit dans les successions, soit dans les faillites, du privilège des Contributions indirectes.

Digitized by Google

REVUE GÉNÉRALE DE L'ÉLECTRICITÉ

Organe de l'Union des Syndicats de l'Électricité

réunissant

LA REVUE ÉLECTRIQUE 1904-1916 — LA LUMIÈRE ÉLECTRIQUE 1879-1916

DIRECTEUR : J. BLONDIN, Agrégé de l'Université.

6e ANNÉE. — TOME XII. — N° 25. — 23 DÉCEMBRE 1922.

Chronique. — Notre numéro spécial à la mémoire d'Ampère. — Bibliographies : Engineering Steels (Les aciers techniques), par Leslie AITCHISON ; The theory of direct-current dynamos and motors (La théorie des dynamos et des moteurs à courant continu), par John CASE ; L'exploitation des forces hydrauliques de l'Etat en Suède, 1921 ; La coloration des métaux, par J. MICHEL ; L'Electricité à la campagne, par René CHAMPLY ; Une enquête en Allemagne, par Max HOSCHILLER ; Les forces de valence et les spectres de Rontgen, par W. KOSSEL ; Traité de mécanique, par P.-A. PODEVYN ; The radio experimenters' handbook, par P.-R. COURSEY ; Formulaire aide mémoire de l'électricien praticien, par E. MAREC, p. 961-964.

Section scientifique et technique. — Projet d'installation d'une station radiotélégraphique émettrice à Pézenas, par Félix PERRIN, p. 965. — Revues, analyses et informations : Procédés vectoriels pour le calcul des réseaux électriques, p. 973 ; Electromètre absolu plan-cylindre, p. 974.

Section industrielle. — Note sur les transmissions par courroies, par D. GENKIN, p. 975. — Procédé de construction de pylônes en béton armé, par E. MARÉCHAL, p. 989. — Revues, analyses et informations : L'aménagement des forces motrices hydrauliques en France et la construction des lignes de transmission d'énergie électrique à haute tension, p. 993 ; Circuits fantômes téléphoniques et circuits télégraphiques et téléphoniques combinés fonctionnant à des fréquences acoustiques, p. 993 ; Danger de toucher les ampoules malpropres, p. 996.

Section économique et financière. — Assemblées générales : Union d'Electricité, p. 997 ; Electricité et Gaz du Nord, p. 997.

Section de législation. — La situation créée par l'abrogation partielle de la législation sur la spéculation illicite, par FERNAND-JACQ p. 999. — Législation, jurisprudence, réglementation : Sur l'application de la loi prohibant la transformation des locaux d'habitation en locaux commerciaux, p. 1 000 ; Sur la contribution sur les bénéfices de guerre et sur l'impôt cédulaire sur les bénéfices industriels et commerciaux, p. 1 000.

Notre numéro spécial à la mémoire d'Ampère. — Ce numéro spécial a été envoyé à nos abonnés en même temps que notre numéro ordinaire du 16 décembre. Nous espérons que, malgré un incident soulevé par l'Administration des Postes au moment de son expédition au sujet de l'affranchissement, incident qui a retardé son envoi d'au moins quarante-huit heures, il est maintenant entre les mains de tous les destinataires.

Ceux d'entre eux qui ont eu déjà le temps de lire ou tout au moins de parcourir ce mémorial ont pu se rendre compte combien était grandiose l'œuvre du savant et modeste professeur français qui, en quelques semaines, est parvenu, avec des moyens rudimentaires, à jeter les bases d'une industrie aujourd'hui des plus prospères et des plus importantes.

Il importe que cet exemple de l'influence que peuvent avoir des recherches purement scientifiques sur le développement économique des nations soit connu du plus grand nombre ; il importe aussi pour le bon renom de la Science française, que la noble figure d'Ampère devienne familière à tous ceux qui, tant en France qu'à l'étranger, s'intéressent à l'électricité. Aussi avons-nous fait tirer le numéro spécial consacré à la mémoire d'Ampère à un nombre considérable d'exemplaires que nous nous proposons d'envoyer gratuitement aux personnes qui manifesteront le désir de recevoir un de ces exemplaires.

Nous faisons appel à nos lecteurs pour nous indiquer les noms et adresses des personnes à qui il conviendrait de faire cette offre, particulièrement des savants et ingénieurs résidant à l'étranger. Nous les prions donc de nous adresser le plus tôt possible tous ces renseignements.

Bibliographie : Engineering Steels (Les aciers techniques), par Leslie AITCHISON, ingénieur-conseil du Air Ministry (1). — Les nombreuses variétés d'aciers que l'on trouve actuellement sur le marché ont démontré la nécessité de perfectionner les anciennes méthodes d'essais de réception de ces matériaux et même d'en imaginer de nouvelles, car toutes les industries qui utilisent l'acier exigent des produits de tout premier choix ; c'était le cas, en particulier, pendant la guerre mondiale qui a donné un essor si considérable

(1) Un volume, format 22 cm × 14 cm, de 348 pages, avec 119 figures, dont 50 planches hors texte, édité par Macdonald and Evans, 29, Essex Street, London, W. C. Prix : relié, 25 sh.

Digitized by Google

aux fabrications sidérurgiques. L'auteur du présent ouvrage, spécialisé dans cette matière où il a joué un rôle actif et important comme ingénieur-conseil du Air Ministry, s'est proposé de faire connaître la technique anglaise, pratiquée pendant la guerre et continuée depuis, pour la préparation, les essais mécaniques et l'analyse des aciers. Les ingénieurs et les industriels qui les emploient trouveront ici une documentation abondante, bien classée, où les indications des tours de main propres à une préparation spéciale sont toujours clairement exposés, où les machines sont décrites avec schémas et photographies à l'appui, y compris les définitions des unités qui expriment les résultats des mesures effectuées avec ces machines, où, enfin, le lecteur ne trouvera pas moins de 50 planches de microphotographies qui font nettement ressortir les différences de structures de l'acier suivant le traitement auquel il a été soumis.

On peut dire que l'ouvrage comprend quatre parties principales : la préparation des aciers, leurs essais mécaniques, leur analyse et l'étude des aciers à outils. Dans la première, on trouvera tout ce qui est relatif à la fusion et aux traitements thermiques : fusion au creuset, au four électrique, à la cornue Bessemer et au four Martin ; chauffage pour la trempe, pour le revenu, pour le recuit, pour la régénération complète ou, suivant l'expression de l'auteur, pour la normalisation de l'acier qui consiste à le porter pendant cinq minutes à 50°C au-dessus de sa température critique.

Les essais mécaniques comportent la détermination de la résistance à la traction, de l'allongement, de la résilience, de la striction, de la limite élastique et de la résistance au pliage. L'auteur décrit, partie dans le texte, partie en appendice, la méthode et les appareils pour l'essai de dureté à la bille de Brinell ; appareil original suédois, appareils portatif et fixe de Deribon et l'appareil de Johnson. Des tableaux de conversion indiquent la valeur du nombre de Brinell en unités absolues, tonnes par pouce carré. Pour les essais au choc, on pratique, dans une face de l'éprouvette, une entaille en V de 45° d'ouverture et 2 mm de profondeur ; c'est la méthode d'Izod ; ou bien, suivant Mesnager, on fore un trou cylindrique de 1 mm de diamètre et 2 mm de profondeur. Dans le premier cas, on assujettit l'éprouvette dans un bloc et un balancier imprime un choc à une distance de 22 mm de l'entaille ; dans le second cas, l'éprouvette repose sur deux appuis avec une portée de 40 mm et on applique la charge au milieu. On trouvera, dans l'ouvrage, des photographies des appareils Izod, Charpy et Sauton pour les essais au choc. Les essais au pliage se font le plus souvent avec les appareils Lee et Atcherley. Citons encore les appareils de Arnold et de Haigh pour les essais de traction répétés et l'appareil de Wohler pour les essais de résistance à la fatigue, qui consiste à déterminer la contrainte limite maximum qui, appliquée d'une manière continue, ne provoquera jamais la rupture de l'échantillon.

Les méthodes d'analyse, les procédés de cémentation, de trempe et de recuit des aciers à outils sont développés avec tous les détails nécessaires pour permettre au lecteur de réussir les mêmes opérations du premier coup. — B. C.

Bibliographie : The theory of direct-current dynamos and motors. (La théorie des dynamos et des moteurs à courant continu), par John Case, M. A. (1). — S'adressant principalement à la jeunesse qui fréquente les universités anglaises, l'auteur estime qu'il existe suffisamment de traités donnant la théorie et les principes de construction des génératrices et des moteurs à courant continu, de façon à répondre aux programmes des examens. Les livres de l'ingénieur sont également nombreux, mais trop spécialisés et les étudiants risquent de s'y égarer. Il a donc voulu composer un ouvrage qui tienne le juste milieu entre les précédents et qui n'exige que la connaissance des principes élémentaires de l'électricité, du magnétisme et de l'électromagnétisme, la loi d'Ohm, les lois de Kirchhoff, les lois de l'Induction, les phénomènes d'hystérésis et les relations entre le système pratique et le système absolu C. G. S.

L'étudiant étant supposé nanti de ce bagage scientifique, l'auteur le conduit pas à pas vers la théorie qui sert de base fondamentale à la machine dynamo, étudiée, d'abord comme appareil susceptible de convertir de l'énergie mécanique en énergie électrique, puis, inversement, de l'énergie électrique en énergie mécanique.

Le premier chapitre est un rappel des formules générales. Dans le second, sont décrits les différents types d'enroulements, la dispersion, la commutation, la réaction d'induit, les courbes caractéristiques et, enfin, le couplage en série ou en parallèle. Après un rappel succinct du mode de fonctionnement des moteurs à courant continu, nous trouvons, dans le troisième chapitre, les calculs relatifs au couple, aux rhéostats de démarrage qui sont très détaillés et, enfin, des courbes donnant la valeur du couple, soit en fonction de la vitesse, soit en fonction de l'intensité. Tout ce qui concerne le rendement et les pertes des machines à courant continu fait l'objet du chapitre IV. Enfin, dans les deux derniers chapitres, l'auteur envisage l'application particulière des moteurs à courant continu à la traction, les différents systèmes de distribution et les survolteurs. Il contient beaucoup d'exercices, entre autres, les problèmes donnés aux examens. Voici, à titre d'exemple, l'énoncé du problème posé aux examens de Cambridge en 1914. Le rendement d'un moteur est de 85 pour 100 ; sa puissance est de 5 ch à 100 v. La résistance de l'inducteur est de 40 ohms ; celle de l'induit de 0,1 ohm. Calculer les différentes pertes. — B. C.

Bibliographie : L'exploitation des forces hydrauliques de l'Etat en Suède, 1921 (1). — On a réuni dans ce volume tout ce qui est relatif au réseau hydroélectrique de l'Etat suédois et, notamment, d'excellentes descriptions des grandes usines de ce pays (2).

Les premières pages sont consacrées à l'exposé de l'organisation générale de « l'administration des forces hydrauliques de l'Etat » (Statens Wattenfallsverk) créée en 1909, remaniée en 1910 et dont le premier bureau est chargé directement des usines électriques.

Viennent ensuite, avec une abondance remarquable de plans et de photographies, les descriptions proprement dites des grandes usines suédoises. Nous trouvons ainsi successivement :

L'usine de Trollhattan (hydroélectrique), utilisant une chute de 32 m et produisant actuellement 115000 kw distribués par 349 km de ligne à 50000 v, 566 km de ligne à 20000 v et 69 km de ligne à 10000 v.

L'usine de Porjus (hydroélectrique) construite sur la Lule älv à un endroit présentant une chute de 56 m ; les machines

(1) Un volume, format 22 cm × 14 cm, de XII-196 pages, avec 120 figures dans le texte, édité par W. Heffer and Sons Ltd, Cambridge. Prix : relié, 15 sh.

(1) Un volume, format 22 cm × 15 cm, de 161 pages, 138 figures, 36 planches ; en vente à Fritzes Hovbokhandel, Stockholm. Prix : 7,5 couronnes.

(2) La description de ces usines a également été donnée dans la *Revue générale de l'Electricité*, 9 juin 1917, t. I p. 900-907 et 27 octobre 1917, t. II, p. 663-674.

Digitized by Google

sont capables de développer 58500 kw sous forme de courant triphasé à 10000 et à 70 000 v et de courant monophasé (pour la traction) à 80 000 v, distribué par une ligne de 240 km.

L'usine d'Alckarleby (hydroélectrique) sur le Dalälv, utilisant une chute de 16,5 m et dont les cinq alternateurs fournissent chacun jusqu'à 14 000 kw distribués par 378 km de ligne à 70 000 v, 112 km à 40 000 v, 31 km à 30 000 v et 1 627 km à 20 000 v.

L'usine de Västerås (à vapeur), usine de réserve pour les basses eaux et servant aussi comme station de moteurs synchrones. La puissance installée est de 30 000 kw et le courant est distribué sous 20 000, 30 000 et 70 000 v.

L'usine de Motala (hydroélectrique), sur la Motala-Ström, décharge du lac Vetter, la deuxième de la Suède au point de vue de l'importance. Avec une hauteur de chute d'environ 15 m, la station devra pouvoir fournir annuellement 42 millions de kilowatts-heure à son achèvement prévu pour 1922. Le courant sera distribué aux mêmes tensions que celles des lignes des usines précédentes.

Ces descriptions sont suivies d'une vue d'ensemble du réseau de distribution de l'Etat, dans lequel on a entrepris d'établir des lignes à longue distance dites « lignes principales » qui seront les grandes artères d'un vaste système de transmission. Ce texte est accompagné de planches donnant le schéma des pylônes employés. — B. E.

Bibliographie : La coloration des métaux, par J. Micuel, ingénieur chimiste [1]. — Cet ouvrage est presque entièrement formé par des recettes pour les diverses opérations concernant l'aspect extérieur à donner aux métaux employés à divers usages. Les principales de ces opérations sont le nettoyage, le polissage, le patinage, d'une part, et, d'autre part, l'oxydation, la métallisation et le nielle, c'est-à-dire la décoration du métal formé par le remplissage de creux avec une masse sulfurée noire appliquée par fusion.

L'auteur donne d'abord des indications générales sur chacune de ces opérations et les fait suivre d'un certain nombre de recettes pour leur exécution. Une petite bibliographie des ouvrages ayant paru sur cette question termine le volume.

Malgré le nombre considérable de recettes publiées dans des périodiques scientifiques et dans les recueils de technologie, cet ouvrage a, croyons-nous, son utilité et cette deuxième édition sera certainement bien accueillie par les lecteurs. — B. E.

Bibliographie : L'Electricité à la campagne, par René Champly [2]. — En écrivant ce livre, l'auteur fait une œuvre utile de vulgarisation. En effet, l'introduction du moteur mécanique et des machines agricoles, soit pour la culture elle-même (labourage, moisson, etc.) soit pour les travaux de la ferme (battage, écrémage, etc.) a déjà constitué un réel progrès; le moteur électrique, plus à la portée de tous, peut faire mieux encore, aussi est-il appelé à devenir le véritable moteur agricole. Ce livre contient l'exposé de tout ce qui est réalisable, à la campagne, au moyen de l'électricité, en se limitant, cependant, au cas où le propriétaire et le mécanicien de campagne peuvent exécuter eux-mêmes toute l'installation, sans recourir à l'aide d'un spécialiste.

L'auteur donne d'abord quelques notions générales sur les phénomènes produits par le courant électrique, les pile électriques les dynamos, les accumulateurs, les lampes et les divers appareils électriques, mais il réduit les théories au strict indispensable en évitant tout ce qui serait purement scientifique; ces explications théoriques sont accompagnées de nombreux conseils pratiques absolument nécessaires à celui qui veut conduire lui-même une installation électrique de moyenne importance.

Dans la deuxième partie de l'ouvrage est envisagée l'installation elle-même et celle-ci comprend : l'étude préliminaire du projet avec la détermination de la puissance nécessaire, des dimensions des conducteurs des différents circuits, des prix de revient, etc.; la description de l'installation de la salle des machines suivie de celle du tableau de distribution et de charge des accumulateurs, ainsi que de renseignements pratiques sur la conduite et l'entretien des machines aussi bien que des accumulateurs.

La pose des canalisations et le montage des lampes, moteurs et différents appareils électriques font l'objet de la troisième partie qui se termine par quelques chapitres relatifs à l'installation des sonneries électriques, des téléphones, des indicateurs d'incendie. Un court chapitre est réservé à l'installation des paratonnerres. — B. E.

Bibliographie : Une enquête en Allemagne, par Max Hoschiller [1] — Cet ouvrage est précédé de quelques notes de François Poncet, destinées à montrer au lecteur comment l'Allemagne se présente, à l'heure actuelle, aux différents points de vue sous lesquels les Français doivent la considérer. L'auteur donne ensuite quelques précisions sur cette situation et montre que, à côté d'une situation industrielle ayant une certaine valeur, l'état financier de ce pays est grave et que la dépréciation du mark doit, tôt ou tard, le mettre en une situation qui nous permettra de reprendre l'avantage.

Il étudie alors quels sont les moyens que l'Allemagne aura, à ce moment critique, pour tâcher de se relever. Il pense que cette opération devant être de longue durée, il est évident que ce pays ne pourra ni se rétablir, ni remplir ses engagements sans recourir à un emprunt international. Enfin, il examine soigneusement les gages qui pourraient être donnés pour un tel emprunt et la possibilité de réussite de ce système. — B. E.

Bibliographie : Les forces de valence et les spectres de Rontgen, par W. Kossel [2]. — Cet ouvrage appartient à à la collection de monographies scientifiques étrangères publiées par G. Juvet. Il contient la traduction, faite par M. Golay, de deux mémoires au sujet de la structure électronique de l'atome.

Le premier se rapporte à la nature physique des forces de valence. Pendant longtemps il fut impossible d'essayer de donnner une explication physique de ces forces; on a dû se borner à constater leur existence, à les décrire et à établir d'une façon tout empirique quelques faits relatifs à la régularité de leurs actions. Mais depuis que l'on a appris, dans ces dernières années, à représenter l'atome par des schémas physiques, le problème peut être repris. L'auteur arrive à cette conclusion qu'il n'est pas douteux qu'il y ait des forces physiques bien connues déterminant l'affinité de l'atome,

[1] Un volume, format 19 cm × 12 cm, de 325 pages, 28 fig., édité par la librairie Desforges, 29, quai des Grands-Augustins, Paris. Prix : broché, 12 fr.

[2] Un volume, format 23 cm × 14 cm, 204 pages, 284 fig., édité par la librairie Desforges, 29, quai des Grands-Augustins, Paris, (VIe), 2e édition. Prix : broché, 13,50 fr.

[1] Un volume, format 19 cm × 12 cm, de 184 pages, édité par la librairie Félix Alcan, 108, boulevard Saint-Germain, Paris. Prix : broché, 7,50 fr.

[2] Un volume, format 25 cm × 16 cm, de 70 pages, édité par la la Librairie Scientifique Albert Blanchard, 3 et 3 *bis*, place de la Sorbonne, Paris (Ve). Prix : 4,50 fr.

Digitized by Google

mais qu'une mise au point rigoureuse sera possible seulement lorsque la construction entière de chaque atome sera connue

Le deuxième mémoire est relatif au rôle des rayons de Röntgen dans l'étude de la structure de l'atome. Elle rappelle comment ces rayons ont commencé à nous renseigner sur sa constitution intérieure, alors que les phénomènes dus à la lumière visible et les phénomènes chimiques ne se passent pour ainsi dire qu'à la surface. L'auteur indique les traits fondamentaux de la théorie de l'atome de Bohr, puis étudie les spectres de Röntgen, l'émission des raies et les caractères des séries, les ceintures d'électrons de l'atome et la structure des enceintes d'électrons.

Les études sur ces points ont encore un champ assez vaste; mais déjà les rayons de Röntgen constituent le moyen le plus puissant qui soit à notre disposition pour ces travaux; il promettent d'ailleurs beaucoup de résultats intéressants.

B. E.

Bibliographie : Traité de mécanique, par P.-A. Podevyn, ingénieur (1). — Ce traité est rédigé à l'usage des ouvriers, dessinateurs et techniciens mécaniciens désirant se rendre compte du travail que produisent les différentes forces et de calculer facilement leurs effets.

Il est divisé en deux parties, la première comprenant plus spécialement les études théoriques sur le travail des forces et sur les lois des différents mouvements que ces forces produisent, et la deuxième étant consacrée à l'étude des machines élémentaires (poulie, treuil, engrenages, plan incliné, vis). Un dernier chapitre traite des résistances passives telles que le frottement des axes, la raideur des cordes, la résistance du milieu.

L'auteur, déjà connu par un recueil de problèmes relatifs à l'électricité, a ainsi conçu un petit traité bien adapté à son but et qui sera certainement apprécié par les lecteurs auxquels il s'adresse. — B. E.

Bibliographie : The radio experimenters' handbook, par P.-R. Coursey (2). — Le but de ce livre est d'indiquer les points principaux intéressant l'amateur de télégraphie sans fil, de rappeler les principes de fonctionnement et de donner, surtout, les indications utiles pour que cet amateur puisse construire un poste relativement sérieux et apporter par la suite des perfectionnements successifs à cette construction.

Le premier chapitre sert d'introduction et contient des considérations générales sur les radiocommunications. L'auteur étudie, ensuite, les antennes, leur choix, leur construction ; les cadres de réception et les prises de terre. Le texte est accompagné d'assez bons dessins. Le chapitre III, l'un des plus importants, est consacré aux postes de réception ; on y trouve, après des schémas généraux de montage, une étude très détaillée sur la construction des bobines.

Viennent ensuite l'étude des amplificateurs et détecteurs, dans laquelle le lecteur trouvera un assez grand nombre de montages de lampes à vide et de nombreux détails intéressants ; celle des hétérodynes et de leur construction par l'amateur.

L'auteur a réuni, à la fin de cet ouvrage, en appendice, tout ce qui est relatif aux calculs et aux mesures en haute fréquence, pensant que ces notions seront utiles à plus d'un lecteur, mais ne voulant pas, toutefois, risquer de rebuter ceux auxquels les calculs mathématiques ne sont pas familiers.

C'est, en résumé, un bon ouvrage dans lequel l'amateur puisera de nombreux renseignements. — B. E.

Bibliographie : Formulaire aide-mémoire de l'électricien praticien, par E. Marec, ancien chef de travaux à l'Ecole supérieure d'Electricité de Paris, directeur de station centrale d'électricité (3). — Nous avons insisté plusieurs fois, dans ces colonnes, sur l'utilité que présentent, pour le praticien, les manuels remaniés et mis en concordance avec les progrès du matériel et des installations électriques. Cependant, si l'on trouve presque toujours dans ces livres un chapitre sur les derniers progrès réalisés en électricité, on y trouve aussi, trop souvent, un exposé par trop long de méthodes ou de machines qui ne sont plus employées de nos jours. C'est ainsi que les lampes à arc et surtout la description minutieuse de leurs régulateurs, font encore l'objet de chapitres trop importants puisque ce mode d'éclairage est absolument abandonné dans l'industrie. Dans le même ordre d'idées on trouve beaucoup trop de figures représentant des interrupteurs vieux modèle que nul secteur ne voudrait accepter dans ses installations, des alternateurs que l'on construisait il y a trente ans et, enfin, des machines diverses actionnées par le type classique de moteur Gramme. L'ouvrier moderne ne connaît pas ces anciens types, aussi est-il généralement dérouté devant le matériel de construction actuelle qui n'a pas du tout le même aspect que ceux qui sont représentés sur son manuel.

Le formulaire de M. Marec est tout à fait exempt de ce défaut ; il condense en 400 pages, c'est-à-dire sous un volume assez restreint, toutes les applications actuelles de l'électricité. L'auteur ne décrit que les appareils réellement en usage dans l'industrie et l'électricien passe sans difficulté aucune du schéma que représente son livre au montage de moteur, par exemple, qu'il a sous les yeux.

Ce livre doit jouer, auprès du praticien, le même rôle que les importants formulaires existant déjà pour les ingénieurs.

On trouvera, dans une première partie, l'exposé des lois et leur application à des cas concrets ; dans une deuxième partie tout le matériel industriel est passé en revue.

L'auteur s'est efforcé, dans cet ouvrage, de mettre en relief les propriétés caractéristiques de ce matériel afin d'en permettre le choix raisonné ; de donner les principaux schémas relatifs à son montage ; de montrer les meilleures dispositions pratiques qu'il convient d'adopter dans la réalisation des installations ; d'indiquer les principales précautions à prendre pour assurer la bonne conservation de ce matériel et éviter les avaries ; de faire connaître, enfin, les moyens de contrôle propres à déterminer la source des avaries, lorsque celles-ci se produisent.

Cet ouvrage présenté sous une forme pratique se termine par les principaux renseignements d'ordre administratif que tout électricien a intérêt à connaître. — B. E.

(1) Un volume, format 19 cm × 12 cm, de 169 pages, 74 figures, édité par la librairie Desforges, 29, quai des Grands-Augustins, Paris. Prix : 7,50 fr.

(2) Un volume, format 24 cm × 15,5 cm, de 110 pages, 99 figures, édité par The Wireless press, 12-13, Henrietta street, W. C. 2, Londres. Prix, cartonné, 3 shillings 5 pence.

(3) Un volume 18 cm × 11 cm, de 500 pages, 400 figures et tableaux ; édité par la librairie J.-B. Baillière et fils, 19, rue Hautefeuille, Paris. Prix : broché, 15 fr.

Digitized by Google

SECTION SCIENTIFIQUE & TECHNIQUE

Projet d'installation d'une station radiotélégraphique émettrice à Pézenas

La construction à Pézenas (Hérault) d'une station radiotélégraphique, destinée à assurer l'échange à grande distance des communications radiomaritimes, avait été décidée depuis longtemps par l'Administration des Postes et Télégraphes. Après avoir reçu un commencement d'exécution — deux des pylônes de la station ont été montés dès 1919 — le projet a ensuite été différé jusqu'à ces jours. Entre temps, divers besoins se sont manifestés qui ont relégué au second plan l'intérêt présenté par la réalisation du but primitivement poursuivi. C'est ainsi que les difficultés qui se sont fait jour, à différentes reprises, à la suite de la rupture de certains des câbles algériens et l'extension des affaires industrielles et commerciales dans notre domaine colonial du Maroc, ont fait reconnaître l'importance primordiale de l'établissement d'une liaison radiotélégraphique directe entre la France et ses possessions de l'Afrique du Nord. En raison de son emplacement géographique particulièrement favorable, la station qui était alors en cours de construction à Pézenas a été choisie pour être affectée à cette liaison en tant que radiogénératrice de la Métropole. — L'étude qui suit est relative à l'antenne de cette station. La première partie comporte le calcul des efforts mécaniques supportés par les diverses portions de l'antenne en T et par les pylônes, dans le but de s'assurer qu'ils restent dans les limites requises. Dans la seconde partie, qui est purement électrique, après avoir appliqué au calcul de la longueur d'onde propre de l'antenne la méthode de l'antenne chargée, l'auteur montre comment on peut en déduire la distribution du courant et de la tension le long de l'antenne et la valeur de sa hauteur effective, pour des longueurs d'onde différentes à l'émission.

I. **Partie mécanique.** — 1° DESCENTE VERTICALE. — La descente d'antenne AB est maintenue à sa partie inférieure par deux pylônes de 50 m de hauteur (fig. 1). La partie BC sensiblement verticale, a une longueur de

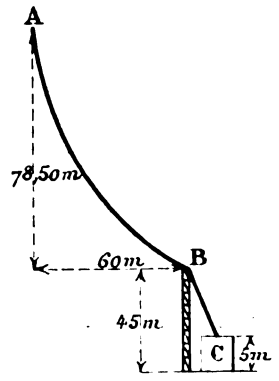


Fig. 1. — Partie verticale de l'antenne de Pézenas.

40 m. La descente AB, de même que BC, est constituée par un prisme à 8 fils en bronze phosphoreux, ayant chacun 3,6 mm de diamètre.

Chaque fil est constitué par 7 brins torsadés, de chacun 1,2 mm de diamètre ; la section utile est donc de

$$7 \times \pi \frac{1,2^2}{4} = 7,95 \text{ mm}^2,$$

et le poids du mètre de fil, de 0,065 kg.

Soit un vent d'une pression maximum de 200 kg : m². On en déduit, en prenant 0,57 comme coefficient de correction pour une surface courbe :
pression maximum du vent sur 1 m de longueur de fil :

$$0,57 \times 3,6 \times 0,2 = 0,410 \text{ kg};$$

poids apparent maximum du fil pour un vent horizontal.

$$p = \sqrt{0,810^2 + 0,065^2} = 0,415 \text{ kg}.$$

Calcul de la portée virtuelle. — Appliquons la formule

$$a = \frac{\alpha}{2} + \frac{2hT}{p\alpha},$$

dans laquelle α représente l'écartement horizontal des extrémités supportées, 60 m ;
h, l'écartement vertical des extrémités supportées, 78,50 m ;
p, le poids apparent, 0,415 kg ;
T_0 la tension virtuelle au point le plus bas de la chaînette AB supposée prolongée, que nous prendrions égale à 30 kg. On en déduit

$$a = 30 + \frac{2 \times 75,6 \times 50}{0,415 \times 60} = 30 + 189 = 219 \text{ m}.$$

La flèche virtuelle est

$$f = \frac{a^2 p}{8 T_0} = \frac{219^2 \times 0,415}{8 \times 30} = 83 \text{ m},$$

Digitized by Google

La tension au point B est de

$$T_0 = 30 + 0{,}415 \times (83 - 78{,}5) = 32 \text{ kg},$$

et au point A,

$$T_1 = 30 + 0{,}415 \times 83 = 64{,}5 \text{ kg}.$$

La contrainte du métal au point d'attache avec le brin horizontal correspondant est donc

$$\frac{64{,}8}{7{,}95} = 8{,}12 \text{ kg : mm}^2.$$

Le coefficient de sécurité est $\frac{1}{9}$.

2° Nappe horizontale (fig. 2). — Données : Demi-portée, 165 m ; flèche tolérée, 31,50 m ; diamètre du fil

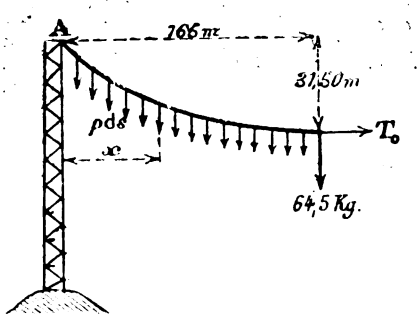


Fig. 2. — Partie horizontale de l'antenne de Pézenas.

(constitué par 7 brins de 3 mm de diamètre) 9 mm ; section utile, 49,6 mm² ; poids apparent, 1,100 kg par mètre.

La tension T'_0 au point le plus bas s'obtient en prenant les moments par rapport au point A.

$$T'_0 \times 31{,}50 = 64{,}5 \times 165 + \int_0^{165} x\,p\,ds.$$

Dans une première approximation, on peut confondre ds et dx ; cela revient à confondre T_0 et la tension T au point A ($T\,dx = T_0\,ds$). On a alors

$$T'_0 \times 31{,}50 = 10650 + 1{,}1 \times \frac{165^2}{2}$$
$$= 10650 + 15000 = 25650 \text{ kg};$$

d'où, tension au point le plus bas, $T'_0 = 815$ kg et tension au point le plus haut, $T' = 815 + 1{,}1 \times 25{,}4 = 845$ kg ; ou, en seconde approximation, on obtient $T'_0 = 830$ kg, et $T = 860$ kg.

La contrainte du métal au point d'attache est donc de

$$\frac{860}{49{,}5} = 17{,}5 \text{ kg : mm}^2,$$

avec un coefficient de sécurité de $\frac{1}{4{,}3}$.

3° Tension totale du cable support d'antenne. — Les brins de la nappe horizontale d'antenne étant au nombre de huit, la tension totale du câble support d'antenne sera de 6 880 kg.

Or, les pylônes ont été calculés et établis de façon à pouvoir résister à un effort de traction du câble de 7 000 kg.

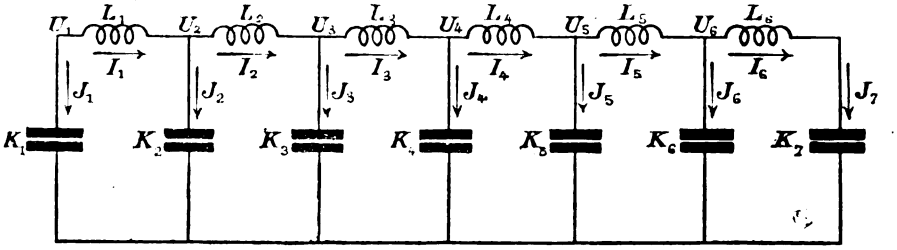


Fig. 3. — Décomposition de l'antenne pour le calcul des capacités et des inductances équivalentes.

II. **Partie électrique.** — Calcul de la longueur d'onde propre. — Pour faire ce calcul, nous allons appliquer la théorie des conducteurs chargés.

Nous décomposerons l'antenne en six sections dont nous calculerons les capacités et les self-inductions respectives. Soient C et L les valeurs ainsi trouvées pour un tronçon : nous remplacerons ensuite ce tronçon par une bobine de self-induction L réunie au sol à chacune de ses extrémités par un conducteur de capacité $\frac{K}{2}$.

Nous obtiendrons ainsi les éléments de l'antenne chargée.

En adoptant les notations indiquées sur la figure 3, nous pouvons écrire les relations

$$U_m + U_{m-1} = j\omega L_m I_{m-1},$$
$$I_m = I_{m-1} - I_m = j\omega K_m U_m,$$

et nous posons

$$\frac{U_m}{I_m} = Z_m, \quad \frac{U_{m-1}}{Z_{m-1}} = Z_{m-1}.$$

Entre ces quatre relations nous pouvons éliminer les quantités U_m, U_{m-1}, I_m et I_{m-1} qui y entrent d'une

Digitized by Google

façon homogène. Nous portons d'abord dans les deux premières relations les valeurs de U_m et de U_{m-1} tirées des deux dernières ; il vient

$$-Z_m I_m + Z_{m-1} I_{m-1} = j\omega L_{m-1} I_{m-1}$$

$$I_{m-1} - I_m = j\omega K_m Z_m I_m.$$

En éliminant maintenant les intensités I_{m-1} et I_m, on obtient

$$-Z_m + Z_{m-1}(1 + j\omega K_m Z_m) = j\omega L_{m-1}(1 + j\omega K_m Z_m)$$

et, finalement, on peut écrire la formule de récurrence suivante

$$\frac{1}{j} Z_m = \frac{\frac{1}{j} Z_{m-1} - \omega L_{m-1}}{1 - \omega^2 K_m L_{m-1} + \frac{1}{j}\omega K_m Z_m}$$

qui permet de calculer les impédances de proche en proche. On a d'ailleurs

$$\frac{1}{j} Z_1 = \frac{1}{\omega K_1}, \quad \text{car} \quad I_1 = J_1.$$

La valeur de la pulsation pour laquelle on aurait $\frac{1}{j} Z_2 = 0$ est celle qui correspond à la longueur d'onde propre de l'antenne équivalente.

Mais, avant d'entreprendre ce calcul, il faut déterminer les valeurs des coefficients L_1, L_2..., K_1, K_2... qui entrent dans la formule générale.

Les formules utilisées pour le calcul des éléments de l'antenne chargée sont

$$C = \frac{S}{2 \log_e \frac{4H}{d}}, \quad L = 2S \log_e \frac{4H}{d},$$

$$M = 2S\left(\log_e \frac{2S}{d_1} - 1\right),$$

dans lesquelles S désigne la longueur du brin considéré ; H, sa hauteur moyenne au-dessus du sol ; L, son coefficient de self-induction propre ; d, le diamètre du fil et d_1, la distance à l'autre brin pour lequel on calcule l'induction mutuelle M.

Bien que la capacité de n fils ne soit pas égale à n fois la capacité d'un seul, c'est cependant ce nombre qui doit intervenir dans les calculs.

Pour des fils très éloignés, l'induction mutuelle M est nulle. En fait, seules interviennent les inductions mutuelles des brins d'un même tronçon entre eux. Le coefficient de self-induction $\mathcal{L}$ de la bobine équivalente s'obtiendra par la formule

$$\mathcal{L} = \frac{L + \Sigma M}{n}.$$

Bien que cela ne soit pas tout à fait exact, nous admettons, pour la commodité des calculs, que pour tous les fils d'un même tronçon les coefficients L et M sont égaux ; les erreurs qui résultent de cette approximation sont négligeables.

Pour le calcul, la nappe horizontale est partagée en trois tronçons S_1, S_2, S_3, égaux ; la nappe verticale en trois tronçons inégaux, S_4, S_5, S_6.

La distance entre les pylônes étant de 330 m, la longueur de la nappe horizontale (prisme à 8 fils répartis uniformément sur une circonférence de 6 m de diamètre) d'antenne est fixée à 320 m ; une distance de 10 m est laissée sur laquelle viendront se placer les isolateurs. La figure 4 donne la section transversale de cette antenne.

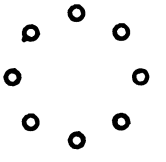


Fig. 4. — Coupe transversale de la nappe horizontale.

Les données du calcul sont, pour la nappe horizontale, en se référant à la figure 5

$$S_1 = S_2 = S_3 = 5\,330 \text{ cm}; \quad d = 0{,}9 \text{ cm};$$

$$H_1 = 12\,260 \text{ cm}, \quad H_2 = 13\,580 \text{ cm}, \quad H_3 = 12\,800 \text{ cm},$$

$$d_{12} = d_{18} = 220 \text{ cm}; \quad d_{13} = d_{17} = 423 \text{ cm};$$

$$d_{14} = d_{16} = 552 \text{ cm}; \quad d_{15} = 600 \text{ cm},$$

les lettres d_{12}, d_{13}... d_{18} désignant les distances d'un des fils de la nappe aux autres fils.

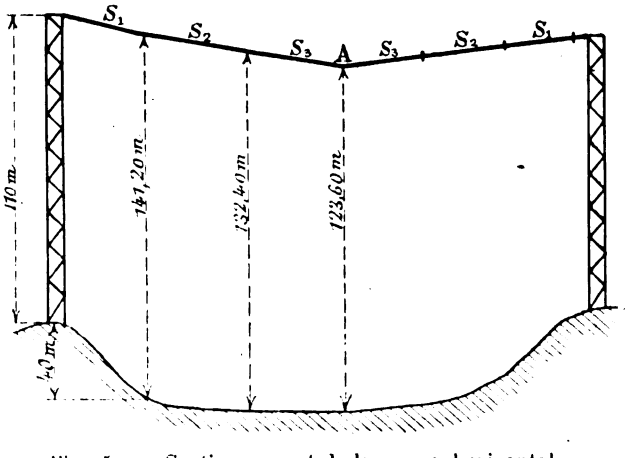


Fig. 5. — Sectionnement de la nappe horizontale.

Les calculs donnent

$$C_1 = 433 \times 20^{-20}, \quad C_2 = 430 \times 10^{-20}, \quad C_3 = 432 \times 10^{-20},$$

$$\mathcal{L}_1 = 17\,620, \quad \mathcal{L}_2 = 17\,700, \quad \mathcal{L}_3 = 17\,650,$$

Digitized by Google

C et $\mathcal{L}$ étant exprimés tous deux en unités électromagnétiques C. G. S.

Pour la descente d'antenne (fig. 6), les données sont

$S_4 = S_5 = 4\,940$ cm, $S_5 = 4\,000$ cm, $d = 0{,}36$ cm,
$H_4 = 10\,390$ cm, $H_5 = 6\,460$ cm, $H_6 = 2\,500$ cm,

et l'on trouve

$C_4 = 188{,}5 \times 10^{-20}$, $C_5 = 195{,}5 \times 10^{-20}$, $C_6 = 165 \times 10^{-20}$.
$\mathcal{L}_4 = 32\,950$. $\mathcal{L}_5 = 32\,400$, $\mathcal{L}_6 = 23\,000$.

Il ne reste plus maintenant qu'à décomposer chaque capacité globale C_1, C_2... C_6 en deux parties égales

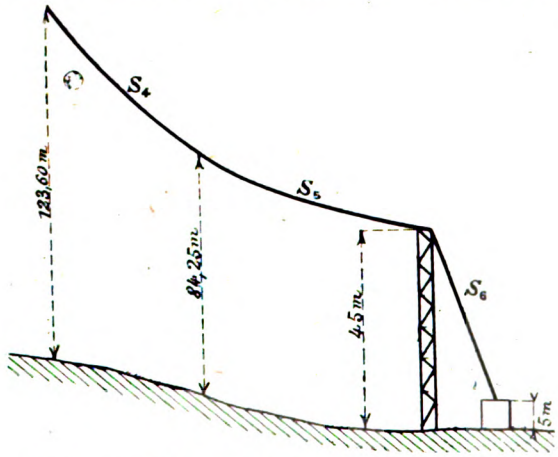


Fig. 6. — Sectionnement de la nappe descendante.

appliquées chacune à une extrémité du tronçon correspondant, et à recomposer ensuite entre elles les capacités ainsi appliquées deux à deux en parallèle à chaque extrémité, pour avoir les valeurs des capacités résultantes K_1, K_2... K_6, K_7.

Nous obtenons ainsi pour les éléments de l'antenne chargée les valeurs suivantes

$$K_1 = \frac{C_1}{2} = 216{,}5 \times 10^{-20} \qquad \mathcal{L}_1 = 17\,620$$

$$K_2 = \frac{C_1}{2} + \frac{C_2}{2} = 431{,}5 \quad \text{id} \qquad \mathcal{L}_2 = 17\,700$$

$$K_3 = \frac{C_2}{2} + \frac{C_3}{2} = 431 \quad \text{id} \qquad \mathcal{L}_3 = 17\,650$$

$$K_4 = \frac{C_3}{2} + \frac{C_4}{2} = 310{,}25 \quad \text{id} \qquad \mathcal{L}_4 = 32\,950$$

$$K_5 = \frac{C_4}{2} + \frac{C_5}{2} = 192 \quad \text{id} \qquad \mathcal{L}_5 = 32\,400$$

$$K_6 = \frac{C_5}{2} + \frac{C_6}{2} = 180{,}25 \quad \text{id} \qquad \mathcal{L}_6 = 23\,000$$

$$K_7 = \frac{C_6}{4} = 82{,}5.$$

Les cinq tableaux suivants (p. 969) donnent le détail des calculs qui ont été faits pour cinq différentes longueurs d'onde. On en déduit que la longueur d'onde propre de l'antenne est, à peu de chose près, égale à 2 300 m, et que les inductances L à placer à la base de l'antenne, pour obtenir à l'émission des longueurs d'onde égales à 3 000, 5 000, 8 000 et 10 000 m doivent avoir respectivement pour valeurs 62, 296, 860 et 1 470 microhenrys.

L'abaque représenté sur la figure 7 a été construit en partant de ces résultats ; il permet d'obtenir rapi-

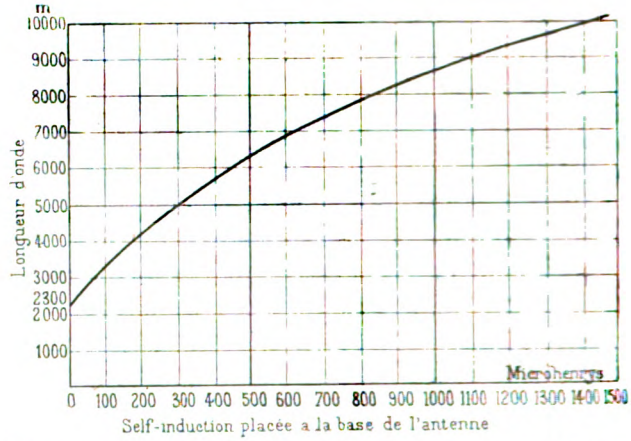


Fig. 7. — Courbe donnant les longueurs d'onde en fonction de la self-induction pour une antenne en T (nappe horizontale constituée par un prisme à 8 fils répartis sur une circonférence de 6 mètres de diamètre ; longueur de la nappe, 320 mètres. Descente constituée par un prisme à 8 fils, répartis sur une circonférence de 6 mètres de diamètre ; longueur de la descente, 145 mètres). Longueur d'onde propre, 2 300 mètres.

dement la valeur de la self-induction à placer à la base de l'antenne pour réaliser une onde donnée.

Il n'a pas paru utile d'établir une courbe analogue pour des longueurs d'onde à l'émission plus courtes que la longueur d'onde propre de l'antenne, ce qui s'obtiendrait au moyen de condensateurs à la base de l'antenne.

Compensation. — Il faut maintenant nous assurer que tous les fils de la nappe horizontale vibrent tous de la même façon ; il convient, en effet, de remarquer qu'ils ne sont pas situés à la même hauteur au-dessus du sol.

Formons, pour cela, les produits $\mathcal{L}C$ de la self-induction totale de chacun des fils horizontaux par sa capacité. Les mêmes formules que précédemment sont appliquées et nous trouvons :

Pour le fil le plus bas, $H_1 = 127$ m, $\mathcal{L}_1 C_1 = 906 \times 10^6$;
Pour le fil le plus haut, $H_2 = 133$ m, $\mathcal{L}_2 C_2 = 904{,}5 \times 10^6$;
Pour les fils intermédiaires, les produits $\mathcal{L}C$ auraient des valeurs intermédiaires entre 906×10^6 et $904{,}5 \times 10^6$.

Nous estimons que ces deux valeurs extrêmes sont suffisamment rapprochées pour qu'il ne soit pas nécessaire de chercher une compensation parfaite par l'augmentation, par exemple, de longueur du fil supérieur. (Un allongement de ce fil égal à 1 m donnerait au produit $\mathcal{L}_2 C_2$ la valeur $9{,}12 \times 10^6$.)

Distribution du courant et de la tension. — Partant de valeurs données pour l'intensité du courant à la base

Digitized by Google

m	$\omega \mathcal{L}_m$ (1)	ωK_{m+1} (2)	$1-\omega^2 \mathcal{L}_m K_{m+1}$ (3)	$\frac{1}{j}\omega K_{m+1} Z_m$ (4)	$\frac{1}{j} Z_m - \omega \mathcal{L}_m$ (5)	(3) + (4) (6)	$\frac{1}{j} Z_{m+1} = \left(\frac{5}{6}\right)$ (7)	$\frac{1}{j} Z_1 = \frac{1}{\omega K_1}$	$L = \frac{1}{j} \times \frac{Z_{m+1}}{\omega}$
			$\lambda = 2\,300$ m	$\omega = 8{,}2 \times 10^5$				562×10^9	
1	$14{,}45 \times 10^9$	$35{,}4 \times 10^{-13}$	0,9491	1,94	$547{,}5 \times 10^9$	2,889	189×10^9		
2	14,5	35,3	0,949	0,677	181,5	1,626	107,2		
3	14,48	25,4	0,963	0,273	92,72	1,236	76		
4	27	13,7	0,958	0,119	49	1,077	45,5		
5	26,6	14,8	0,96	0,0574	19	1,0274	18,5		
6	18,8	6,76	0,987	0,0125	0,3	0,9995	0,9		
			$\lambda = 3\,000$ m	$\omega = 6{,}27 \times 10^5$				736×10^9	
1	$11{,}05 \times 10^9$	$27{,}1 \times 10^{-13}$	1	1,99	725×10^9	2,99	242×10^9		
2	11,1	27	1	0,655	230,9	1,685	139,5		
3	11,07	19,45	1	0,272	128,4	1,272	101		
4	20,6	12,03	1	0,121	68,4	1,121	71,6		
5	20,3	10,3	1	0,074	51,3	1,074	47,7		$6{,}2 \times 10^4 =$ 626 microhenrys
6	16,4	5,17	1	0,0246	33,3	1,0246	32,5		
			$\lambda = 5\,000$ m	$\omega = 5{,}77 \times 10^5$				$1\,220 \times 10^9$	
1	$6{,}65 \times 10^9$	$16{,}3 \times 10^{-13}$	1	1,99	$1\,213{,}3 \times 10^9$	2,99	405×10^9		
2	6,68	16,25	1	0,658	398,3	1,658	240		
3	6,66	11,7	1	0,281	233,3	1,281	182		
4	12,4	7,14	1	0,131	169,6	1,132	150		
5	12,2	6,8	1	0,102	137,8	1,102	124,5		$29{,}6 \times 10^4 =$ 296 microhenrys
6	8,70	3,11	1	0,038	115,8	1,038	111,5		
			$\lambda = 8\,000$ m	$\omega = 2{,}36 \times 10^5$				$1\,950 \times 10^9$	
1	$4{,}17 \times 10^9$	$10{,}2 \times 10^{-13}$	1	1,99	$1\,945{,}8 \times 10^9$	2,99	650×10^9		
2	4,18	10,15	1	0,66	645,8	1,06	388		
3	4,175	7,32	1	0,284	383,8	1,28	300		
4	7,79	4,54	1	0,136	282	1,136	248		
5	7,65	4,25	1	0,106	240,4	1,103	218		$86 \times 10^4 =$ 860 microhenrys
6	5,64	1,95	1	0,042	212,5	1,042	203		
			$\lambda = 10\,000$ m	$\omega = 1{,}884 \times 10^5$				$2\,440 \times 10^9$	
1	$3{,}32 \times 10^9$	$8{,}14 \times 10^{-13}$	1	1,99	$2\,436{,}7 \times 10^9$	2,59	810×10^9		
2	3,34	8,12	1	0,657	807	1,657	486		
3	3,33	5,84	1	0,284	483	1,284	377		
4	6,2	3,62	1	0,136	371	1,136	332		
5	6,1	3,4	1	0,113	326	1,113	294		$147 \times 10^4 =$ 1470 microhenrys
6	4,34	1,56	1	0,0455	290	1,045	277		

de l'antenne et pour la self-induction d'antenne, il est facile de déduire, des résultats précédents, la distribution du courant et de la tension le long de l'antenne. Il suffit pour cela d'appliquer, de proche en proche, les formules

$$U_m = Z_{m-1} I_m \qquad J_m = j \omega K_m U_m \qquad I_{m-1} = I_m - J_m ;$$

I_7 et Z_7 étant donnés à priori, tous les U_m et les I_m s'en déduisent. Nous avons fait ce calcul pour deux valeurs seulement de la self-induction à placer à la base de l'antenne, 62 microhenrys, correspondant à 3 000 m de longueur d'onde émise et 1 470 microhenrys, correspondant à 10 000 m. On en trouvera les résultats dans les deux tableaux ci-dessous et une représentation graphique sur la figure 8.

$\lambda = 3\,000$ m.

m	$J_{m+1} = j\omega K_{m+1} U_{m+1}$ (ampères)	$I_m = I_{m+1} - J_{m+1}$ (ampères)	Z_m (ohms)	$U_{m+1} = Z_{m+1} I_{m+1}$ (volts)
7		100	32,5	3 250
6	1,68	98,3	17,7	4 680
5	4,83	93,47	71,6	6 700
4	8,06	85,41	101	8 620
3	16,75	68,66	139,5	9 600
2	25,9	42,76	242	10 350
1	28,06	14,7	736	10 800

$\lambda = 10\,000$ m.

m	$J_{m+1} = j\omega K_{m+1} U_{m+1}$ (ampères)	$I_m = I_{m+1} - J_{m+1}$ (ampères)	Z_m (ohms)	$U_{m+1} = Z_{m+1} I_{m+1}$ (volts)
7		100	277	27 700
6	4,3	95,7	294	28 110
5	9,55	86,2	332	28 600
4	10,35	75,85	377	28 650
3	16,7	59,15	486	28 800
2	23,4	37,75	810	29 000
1	23,6	12,15	2 440	29 800

Digitized by Google

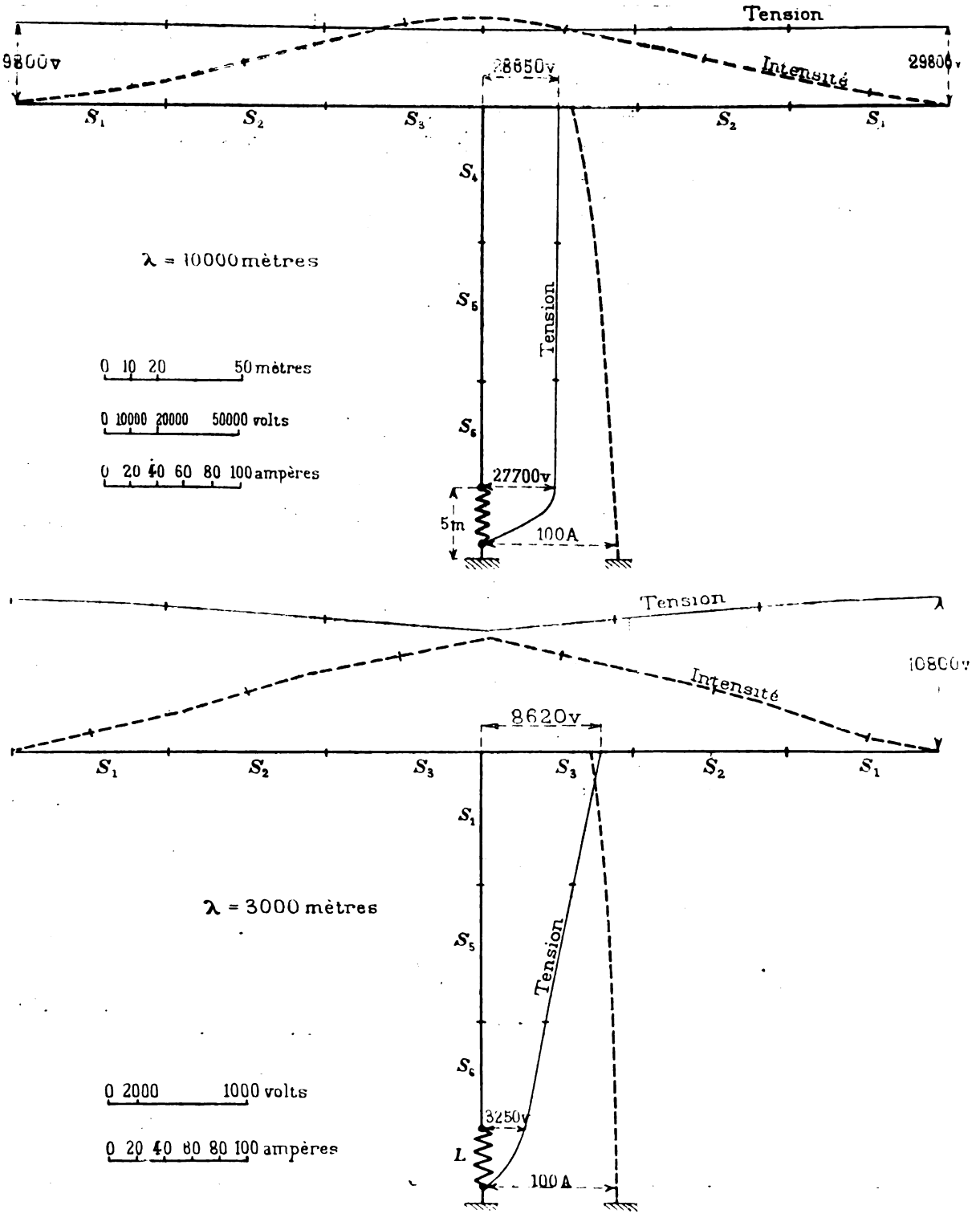


Fig. 8. — Courbes des distributions du courant et de la tension le long de l'antenne.

Dans les deux cas, nous avons supposé que l'intensité du courant à la base de l'antenne était de 100 A. Pour passer du cas où le courant à la base de l'antenne est I différent de 100, il suffit de multiplier les chiffres ci-dessous par $\frac{I}{100}$.

Digitized by Google

Ces résultats sont obtenus par excès, car il n'est pas tenu compte des divers facteurs d'amortissement.

RÉSISTANCE OHMIQUE EFFECTIVE DE L'ANTENNE. — Nous définissons la résistance ohmique effective R_e de l'antenne par l'égalité

$$R_e I^2 = \Sigma R_m I_m^2,$$

I désignant le courant à la base de l'antenne; R_m, la résistance ohmique d'un tronçon de l'antenne et I_m, le courant correspondant. Dans $\Sigma R_m I_m^2$, nous comprenons également la résistance de la self-induction placé à la base de l'antenne.

1° *Longueur d'onde à l'émission de 3 000 mètres.* — *a*) Résistance ohmique de la self-induction d'antenne. — Nous évaluons cette résistance à 0,1 ohm.

b) Résistance de la descente d'antenne (cuivre rouge de haute conductibilité de 3,6 mm de diamètre).

La profondeur de pénétration du courant dans un métal se détermine par la formule $e = \frac{5030}{\sqrt{c\mu f}}$ cm, dans laquelle c représente la conductivité du cuivre, $5,55 \times 10^5$ mho; cm; μ, la perméabilité, 1, et f, la fré- du courant, 10^5 p : s; ce qui donne $e = 0,0212$ cm ou 0,212 mm, d'où : section utile $= 3,39 \times 0,212 = 2,26$ mm^2. La résistance ohmique d'un centimètre de longueur de câble est donc

$$\rho = 1,8 \times 10^{-6} \times \frac{1}{0,0226} = 7,96 \times 19^{-5} \text{ ohm}.$$

On en déduit les résistances ohmiques de chaque tronçon

$$S_6 = 40 \text{ m}, \qquad S_5 = S_4 = 50 \text{ m},$$
$$R_6 = 0,040 \text{ ohm}, \qquad R_5 = R_4 = 0,050 \text{ ohm},$$

en tenant compte de ce que chaque tronçon comporte 8 fils.

c) Résistance de la nappe horizontale (bronze phosphoreux de conductivité égale à $3,5 \times 10^5$ mho : cm et de 9 mm de diamètre). Les formules précédentes donnent $e = 0,27$ mm; section utile

$$= \pi \times 8,73 \times 0,27 = 7,42 \text{ mm}^2,$$

d'où

$$\rho = 2,85 \times 10^{-6} \times \frac{1}{0,0742} = 3,85\ 10^{-5} \text{ ohm}.$$

On en déduit, sachant que $S_3 = S_2 = S_1 = 5330$ cm,

$$R_3 = R_2 = R_1 = \frac{5330}{8} \times 3,85 \times 10^{-6} = 0,0241 \text{ ohm}.$$

Conclusion. — La résistance ohmique effective R_e de l'antenne donnée par l'égalité

$$R_e \times 100^2 = 0,1 \times 100^2 + 0,040 \times 98,3^2 + 0,040\,(93,2^2 + 85,41^2 + 0,024\,68,66^2 + 42,76^2 + 14,7^2)$$

est

$$R_e = 0,235 \text{ ohm}.$$

2° *Longueur d'onde à l'émission de 10 000 mètres.* — *a*) Résistance ohmique de la self-induction d'antenne. La self-induction d'antenne ayant une valeur plus élevée que dans le cas précédent, elle sera composée d'un plus grand nombre de spires, et, bien qu'il y ait une certaine compensation due à la diminution de la fréquence, sa résistance ohmique sera certainement plus élevée. Nous l'évaluons à 0.3 ohm.

b) Résistance de la descente d'antenne. La formule $e = \frac{5030}{\sqrt{c\mu f}}$ cm s'applique avec les valeurs $c = 0,55 \times 10^{+5}$ mho : cm, $\mu = 1$ et $f = 3 \times 10^5$ p : s. On obtient $e = 0,39$ mm, $s = \pi \times 3,21 \times 0,39 = 3,93$ mm^2; d'où, résistance par centimètre de longueur, $\rho = 4,57 \times 10^{-5}$ ohm, et

$$R_6 = 0,023 \text{ ohm}, \qquad R_5 = R_4 = 0,0286 \text{ ohm}.$$

c) Résistance de la nappe horizontale. Des calculs analogues aux précédents donnent

$$e = 0,49 \text{ mm}, \qquad s = \pi \times 8,51 \times 0,49 = 13,1 \text{ mm}^2.$$
$$\rho = 2,18 \times 10^{-6} \text{ ohm par centimètre};$$

d'où on déduit

$$R_3 = R_2 = R_1 = 0,0145 \text{ ohm}.$$

Conclusion. — La résistance ohmique effective R_e de l'antenne est donnée par l'égalité

$$R_e \times 100^2 = 0,3 \times 100^2 + 0,023 \times 95,7^2 + 0,0286 \times (86,2^2 + 75,8^2) + 0,0145 \times (59,1^2 + 37^2 + 12^2)$$

est

$$R_e = 0,366 \text{ ohm}.$$

Le terme prépondérant est la résistance ohmique de la self-induction placée à la base de l'antenne. Si elle conservait la même valeur que dans le premier cas étudié, la résistance ohmique de l'antenne ne serait plus que de 0,166 ohm au lieu de 0,366 ohm.

On voit l'avantage que l'on retirerait à sacrifier beaucoup de cuivre dans la construction de cette self-induction.

HAUTEUR EFFECTIVE. — 1° *Pour une longueur d'onde à l'émission de 3 000 mètres.* — La formule

$$H_e = \frac{1}{I} \int_0^s I_z dz = \frac{1}{I} \Sigma I_1 \times (h_1 - h_2),$$

dans laquelle $h_1 - h_2$ représente la différence de hauteur des extrémités du tronçon parcouru par le courant

Digitized by Google

d'intensité I_1, s'applique, en tenant compte des résultats obtenus au paragraphe précédent. On a

$$H_e = \frac{1}{100}[98{,}3 \times 40 + 93{,}47 \times 39{,}25 + 85{,}41 \times 39{,}35 + 100 + 5].$$

En se reportant à la figure 6, on voit, en effet, que la différence des hauteurs entre les deux extrémités du dernier tronçon S_6, le long duquel l'intensité est de 98,3 A, est de 40 m ; entre les deux extrémités de S_5 ($I_5 = 93{,}47$ A) elle est de $84{,}25 - 45 = 39{,}25$ m ; entre les deux extrémités de S_4 ($I_4 = 85{,}41$ A), elle est de $123{,}60 - 84{,}25 = 39{,}35$ m.

Tout calcul fait, il vient

$$H_e = 114{,}50 \text{ m}.$$

2° *Pour une longueur d'onde à l'émission de 10 000 mètres.* — La même formule permet d'écrire

$$H_e = \frac{1}{100}[95{,}7 \times 40 + 86{,}2 \times 39{,}25 + 75{,}85 \times 39{,}35 + 100 \times 5],$$

d'où

$$H_e = 107 \text{ m}.$$

Résistance de rayonnement (radiance). — 1° *Pour une longueur d'onde émise de 3 000 mètres.* — La résistance de rayonnement est donnée par la formule

$$R_r = 160\,\pi^2 \left(\frac{H_e}{\lambda}\right)^2.$$

Pour

$$\lambda = 3\,000 \text{ m}, \qquad H_e = 114{,}50 \text{ m},$$

et on a

$$R_r = 2{,}36 \text{ ohms}.$$

2° *Pour une longueur d'onde émise de 10 000 mètres*, on trouve $H_e = 107$ m et $R_r = 0{,}185$ ohm.

Résistance de la prise de terre. — La description de la prise de terre a fait l'objet d'une note spéciale. Nous évaluons la résistance de la prise de terre à 1 ohm pour une longueur d'onde de 10 000 m à l'émission, et à 2 ohms pour une longueur d'onde de 3 000 m. Nous ne pensons pas que ces chiffres seront dépassés.

Résistance totale. — 1° *Pour 3 000 mètres de longueur d'onde à l'émission* :

$$R_{totale} = 0{,}235 + 2{,}36 + 2 = 4{,}595 \text{ ohms}, \text{ soit } 4{,}60 \text{ ohms}.$$

2° *Pour 10 000 mètres de longueur d'onde à l'émission* :

$$R_{totale} = 0{,}366 + 0{,}185 + 1 = 1{,}551 \text{ ohm}, \text{ soit } 1{,}55 \text{ ohm}.$$

Rendement de l'antenne. — 1° *Pour* $\lambda = 3\,000$ *mètres.* — Rendement $= \frac{2{,}36}{4{,}60} = 0{,}51$.

2° *Pour* $\lambda = 10\,000$ *mètres.* — Rendement

$$= \frac{0{,}165}{1{,}55} = 0{,}12.$$

Courant a la base de l'antenne. — 1° L'émission sur $\lambda = 3000$ m est obtenue par un poste à lampes donnant 5 kw dans l'antenne. On en déduit que le courant efficace I_e à la base de l'antenne est

$$I_e = \sqrt{\frac{5\,000}{4{,}6}} = 33 \text{ A}.$$

2° L'émission sur $\lambda = 10\,000$ m est obtenue par un alternateur à haute fréquence de 25 kw dans l'antenne. On en déduit.

$$I_e = \sqrt{\frac{25\,000}{1\,55}} = 127 \text{ A}.$$

Puissance rayonnée. — 1° $\lambda = 3000$ m. — La puissance rayonnée aura pour valeur : $2{,}36 \times 33^2 = 2{,}5$ kw.

2° $\lambda = 10\,000$ m. — La puissance rayonnée aura pour valeur $0{,}185 \times 125^2 = 3$ kw.

Fatigue des isolateurs. — Nous avons vu que, pour $\lambda = 10\,000$ m et un courant de 100 A à la base de l'antenne, la tension aux extrémités de la nappe horizontale d'antenne était de 29 800 v.

Pour cette même longueur d'onde et un courant efficace à la base de l'antenne de 125 A, la tension maximum supportée par les isolateurs d'antenne sera de

$$29\,800 \times 1{,}27\sqrt{2} = 53\,500 \text{ v maxima}.$$

Les isolateurs seront prévus pour une tension de 100 000 v (isolateurs genre Croix d'Hins).

Félix Perrin.
Ingénieur des Télégraphes.

Digitized by Google

Revues, analyses et informations

Procédés vectoriels pour le calcul des réseaux électriques (1).

L'auteur expose quelques recherches relatives à la répartition du courant et des tensions dans les réseaux à courant continu. L'emploi de vecteurs n'a, ici, aucune ressemblance avec les théories basées sur l'emploi des vecteurs en courant alternatif ; on s'en sert uniquement pour faire correspondre à une addition de courants une addition géométrique de vecteurs. On remarquera, d'ailleurs, un parallélisme assez prononcé entre cette méthode et les procédés courants de la grapho-statique.

Les conducteurs dont l'ensemble forme un réseau de distribution peuvent se diviser en trois groupes :

1° *Les feeders*, qui sont les conducteurs rayonnant à partir de la centrale et reliant celle-ci à un certain nombre de nœuds ou centres d'alimentation.

2° *Les distributeurs*, qui partent de ces nœuds, longent les rues et places en formant des figures plus ou moins compliquées avec, très souvent, des contours fermés.

3° *Les branchements* qui relient les récepteurs aux câbles distributeurs.

Ce sont ces conducteurs de la deuxième catégorie qui sont plus spécialement envisagés dans cette étude.

On a supposé le potentiel des différents nœuds constant mais, pour rendre le problème plus général, on a admis que ces potentiels étaient différents d'un nœud à l'autre.

Représentation graphique utilisée. — Soient deux points du réseau qui sont à des potentiels V_1 et V_2, on considère le module

$$v = \frac{AB}{V_1 - V_2}.$$

Si ces points sont reliés par un conducteur de résistance R, celui-ci sera parcouru par un courant

$$I = \frac{V_1 - V_2}{R}.$$

On convient de représenter par AB la résistance R. Si l'on appelle j le vecteur $A1 = \frac{AB}{R}$, c'est-à-dire figurant l'unité de résistance, on peut écrire

$$I = \frac{V_1 - V_2}{AB} \times \frac{AB}{R} = \frac{j}{v}.$$

j est donc proportionel à I et peut servir à le représenter.

Soient alors (fig. 1) plusieurs vecteurs j_1, j_2, j_3, j_4, formant une chaîne A B C D E dont les éléments correspondent aux intensités I_1, I_2, I_3, I_4 ; puisque, comme nous venons de le voir, AB représente une résistance unité, il en résulte que la différence de potentiel entre les points A et B est $e_1 = I_1$. Lorsque A et E sont confondus, le contour donne

$$e_4 = e_1 + e_2 + e_3;$$

d'où

$$I_4 = I_1 + I_2 + I_3.$$

Donc, à une addition algébrique d'intensités correspond bien une addition géométrique de vecteurs.

(1) M. Musyck. *Bulletin de la Société des ingénieurs de Montefiore*, juillet-août 1921, p. 147-171, et septembre-octobre 1921, p. 181-218, 3000 mots, 19 fig.

L'auteur applique ce procédé à la détermination des courants et des tensions dans une configuration donnée des conducteurs.

Pour les cas simples, l'emploi de cette méthode ne se justifie pas, l'algèbre donnant une solution instantanée. L'auteur les a cependant considérés avec quelques détails pour préparer le lecteur à des cas beaucoup plus compliqués. Ce

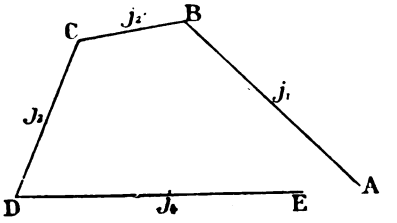


Fig. 1.

sont les cas d'un distributeur à embranchement unique et d'un distributeur à embranchements multiples.

Dans le but de bien faire saisir la méthode, nous développerons un peu plus, ici, le cas des faisceaux qui vient ensuite dans cette étude.

La configuration désignée sous le nom de faisceau comprend divers nœuds A_1, A_2... où règnent des tensions invariables et réunis par autant de conducteurs de résistances r_1,

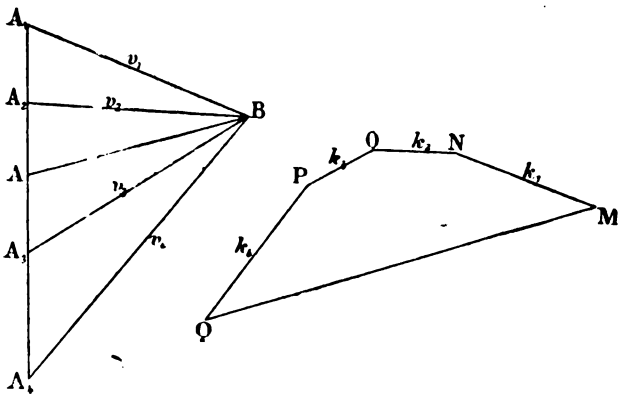


Fig. 2

r_2... à un nœud commun B. Le problème consiste à déterminer la tension de ce point B.

On fait choix (fig. 2) de deux vecteurs arbitraires

$$k_1 = MN = \frac{BA_1}{r_1} \quad \text{et} \quad k_2 = ND = \frac{BA_2}{r_2}.$$

et on figure en BA_1 et BA_2 les résistances r_1, r_2. Il s'agit de terminer le contour MNOPQ, ce qui est facile, car on connaît les valeurs

$$OP = k_3 = \frac{BA_3}{r_3}, \text{ etc.,}$$

et ces vecteurs doivent être, d'autre part, parallèles aux vecteurs r_3, r_4.

Le vecteur BA tracé parallèlement à MQ donne la direc-

Digitized by Google

tion équipotentielle et le potentiel cherché du point B par la position du point A sur la droite $A_1 A_4$.

C'est là le potentiel à vide; en charge, l'équipotentielle est représentée par $A_1 A_4$ et tous les conducteurs sont le siège d'une même chute de tension par rapport à B, représentée par AB. On voit immédiatement que AB menée au moyen de l'unité ayant servi à construire k_1 k_2 etc., représente la résistance équivalente de tout le faisceau.

L'auteur envisage ensuite les réseaux à mailles; prenant d'abord des exemples de contours fermés simples tels que le pont de Wheatstone, le triangle et le quadrilatère, il passe ensuite au cas général et donne pour la résolution de ce problème une méthode par solutions partielles et une méthode par solution directe.

Le dernier chapitre du mémoire est consacré à l'exposé détaillé de deux exemples numériques traités, chacun, par l'une des deux méthodes ci-dessus. Ces exemples sont accompagnés d'explications très complètes et permettent de suivre pas à pas les constructions graphiques nécessaires pour arriver au résultat. — B.-E.

Electromètre absolu plan-cylindre.

Nous reproduisons ci-après une note de M. L. Bouchet, présentée à une des dernières séances de l'Académie des Sciences (1).

Cet électromètre est fondé sur l'attraction d'un cylindre électrisé par un plan A également électrisé; il permet la mesure des potentiels élevés en valeur absolue. On peut le construire facilement et son réglage ne présente aucune difficulté.

Un lourd plan métallique A, bien dressé, est porté par des pieds isolants en ébonite. Un cylindre creux et mince en aluminium, ayant son axe parallèle au plan, est suspendu à l'une des extrémités du fléau d'une balance à bras inégaux et sensible au centigramme, au moyen d'une tige filetée normale à l'axe du cylindre. Cette tige traverse un des côtés horizontaux d'un cadre rectangulaire et peut lui être fixée à l'aide de deux écrous mobiles. Le cadre repose sur un petit plan horizontal B, soudé à l'extrémité du grand bras du fléau, par deux pointes mousses, lesquelles sont engagées dans deux cavités hémisphériques creusées dans le plan B.

La manœuvre des deux pointes mousses, vissées dans le côté horizontal supérieur du cadre, permet d'amener l'axe du cylindre parallèle au plan A.

Les deux extrémités de la balance portent chacune un plateau suspendu à la manière ordinaire.

Le cylindre, de 35 cm de longueur, 2,25 cm de rayon, se prolonge de part et d'autre par deux cylindres d'aluminium (5 cm de longueur), de même section que le premier et séparés par de petits intervalles d'air; ils assurent ainsi une distribution régulière. Toutes ces pièces sont reliées métalliquement au socle de la balance, qui est protégée contre les attractions du plan. Les oscillations de la balance sont limitées par des butoirs.

Calcul de l'attraction du cylindre. — D'après la distribution des potentiels dans l'espace, sous l'action de deux lignes électrisées de sens contraires, on obtient pour la capacité C, électrostatique, de deux cylindres extérieurs à axes parallèles

$$C = \frac{l}{2L\left(x + \sqrt{x^2 - 1}\right)} \qquad (1)$$

où

$$x = -\frac{R^2 - R_1^2 - \Delta^2}{2RR_1}.$$

R, R_1 désignant les rayons des cylindres; l, leur longueur et Δ, la distance de leurs axes.

(1) *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 20 novembre 1922, t. CLXXV, p. 950-952.

Lorsque l'un des cylindres a un rayon infini, ce qui correspond au cas de l'électromètre plan-cylindre, C prend une forme indéterminée. Cette indétermination étant levée, on trouve pour C

$$C = \frac{l}{2L\left(\frac{b}{R} + \sqrt{\frac{b^2}{R^2} - 1}\right)}, \qquad (2)$$

b étant la distance de l'axe du cylindre au plan.

Pour avoir la force F, qui tend à attirer le cylindre, écrivons que le travail des forces électriques est égal à l'accroissement d'énergie du système

$$F\,db = \frac{1}{2} V^2\,dC;$$

d'où, d'après l'équation (2),

$$F = -\frac{l}{4R}\frac{V^2}{\sqrt{\frac{b^2}{R^2} - 1}\left[L\left(\frac{b}{R} + \sqrt{\frac{b^2}{R^2} - 1}\right)\right]^2}.$$

Ce qu'on peut écrire

$$V^2 = KF.$$

En mesurant, en centimètres, les quantités dont dépend K, et F en dynes, on aura V en unités absolues du système C. G. S.

Mesures de b et de F. — Les déplacements du cylindre sont produits et mesurés par la rotation des écrous, munis d'une graduation le long de la tige filetée.

Pour déterminer F, par une série de tâtonnements, on soulève le cylindre jusqu'à ce que l'attraction équilibre une surcharge placée sur le plateau de la balance, au-dessus du cylindre, ou bien, pour une position déterminée du cylindre, on équilibre l'attraction en faisant varier la surcharge.

Application. — L'auteur a recherché, par l'expérience, à partir de quelle distance d, du cylindre au plan, la formule de cet électromètre cesse d'être correcte.

En opérant avec un transformateur de 25 kw et maintenant constant le potentiel V, pour les distances b', b'', b''', ... il a équilibré les attractions correspondantes F', F'', F''', ...; on doit avoir

$$V = K'\sqrt{F'} = K''\sqrt{F''} = \ldots.$$

Voici les résultats pour les faibles distances d du cylindre au plan et pour une différence de potentiel de 20 unités électrostatiques C. G. S. :

d	b	F	$K\sqrt{F}$
mm	cm	g	
3.....	2,55	11,57	20,05
3,5.....	2,60	8,92	19,90
4	2,65	7,48	20,16
5..... ..	2,75	5,32	20,00
6.....	2,85	3,96	19,85

Pour des distances d comprises entre 1,5 cm et 3 cm et pour une différence de potentiel de 60 unités électrostatiques C. G. S., la constance du produit $K\sqrt{F}$ se conserve. Les résultats sont cependant un peu moins satisfaisants, comme le montre le tableau suivant :

d	b	F	$K\sqrt{F}$
cm	cm	g	
1,5.....	3,75	9,05	60,60
2,0.....	4,25	5,72	60,15
2,5.....	4,75	4,15	60,70
3,0.....	5,25	3,03	59,54

En augmentant d, de plus en plus, la diminution de $K\sqrt{F}$ s'accentue systématiquement.

On peut conclure, de ces essais, que cet électromètre peut servir à mesurer, en valeur absolue, des différences de potentiel qui atteignent, dans ces expériences, jusqu'à 60 unités électrostatiques, à condition de séparer le cylindre du plan par un intervalle ne dépassant pas 3 cm.

Digitized by Google

SECTION INDUSTRIELLE

Note sur les transmissions par courroies

Dans le calcul de rendement des transmissions par courroie, on ne tient généralement compte que des pertes dans les paliers. Dans la présente note, l'auteur, après avoir rappelé les formules connues, essaie d'évaluer les différentes pertes se produisant dans ces transmissions. Il attire l'attention sur l'intérêt d'éviter l'interposition de la courroie dans la commande des mécanismes par moteur électrique. Mais la théorie des courroies est encore bien incertaine; aussi croyons-nous être utiles à nos lecteurs en leur signalant également l'étude récente de M. Auclair « Essais d'une théorie du fonctionnement des courroies », parue dans le « Bulletin de la Société des Ingénieurs civils de France », juillet-septembre 1922.

I. **Introduction.** — Dans la commande électrique de différentes machines mécaniques, on est amené, en général, à interposer, entre le moteur électrique et l'appareil à commander, un organe mécanique de réduction de vitesse.

Les constructeurs de machines-outils ont rarement tenu compte de la nécessité de modifier la conception de leurs appareils en vue de rendre possible l'accouplement direct avec un moteur électrique. Seules, les pompes rotatives ont été conçues en vue de cette éventualité et, peut-être, c'est à cette circonstance qu'elles doivent l'extension de leur emploi.

Si, dans certaines machines-outils, comme tours, raboteuses, perceuses, etc..., leur puissance et leur vitesse sont exclusivement déterminées par la nature du travail et des matières mises en œuvre dans leur fabrication, tel ne semble pas être le cas de la plupart des machines mécaniques, pour lesquelles il n'y a aucune difficulté à modifier la conception générale de façon à amener la vitesse et la puissance absorbée dans les limites normales de construction des moteurs électriques et cela sans nuire au bon fonctionnement de ces appareils. Le matériel de trituration, de broyage, de pulvérisation, de malaxage, rentre dans cette catégorie. On a généralement affaire ici à des machines absorbant de 50 à 200 kw et tournant entre 100 et 300 t : mn. L'accouplement direct avec les appareils de cette nature perdrait toute sa raison d'être. Les moteurs électriques seraient d'un type spécial, trop gros, trop cher, à mauvais rendement et à très faible facteur de puissance ? On est contraint ainsi à renoncer à la commande électrique directe et à recourir à l'accouplement par courroie.

Faudrait-il, dans ce dernier cas, choisir convenablement la vitesse du moteur électrique et la section de la courroie, afin de diminuer le prix de revient d'installation, le coût d'entretien et de réduire les pertes de puissance. Dans la plupart des cas, ces trois conditions : minimum de prix, de pertes et d'entretien sont contradictoires.

En effet, si on augmente la vitesse du moteur électrique, on diminue bien son prix d'achat, mais on augmente en même temps la traction sur les arbres de poulies et, par conséquent, les pertes dans les paliers; si, d'autre part, pour atteindre le même but (réduction du prix), on diminue la section de la courroie en la faisant travailler au taux maximum, on augmente en même temps les frais d'entretien et d'usure et, ce qui est plus grave, la fréquence d'interruptions de l'atelier. M. Tailor a donné, il y a quelques années, dans les Transactions of the American Institute of Mechanical Engineers des chiffres éloquents à cet égard; nous reviendrons ultérieurement sur ses expériences. Il y a ainsi une vitesse optimum du moteur électrique et une section optimum de la courroie pour une vitesse donnée de l'appareil à commander pour lesquelles les frais d'amortissement, pertes de puissances et frais d'entretien passent par un minimum.

L'étude seule des conditions de fonctionnement de l'installation permettra d'établir la commande la plus économique en prenant en considération les prix de l'énergie électrique, de la main-d'œuvre et des matières.

Dans la présente note, nous nous proposons de résumer les considérations qui permettent d'arriver à ce résultat.

Nous croyons utile de nous arrêter sur les conditions physiques de fonctionnement de la courroie qui, seules, permettent de se rendre compte des différentes pertes qui prennent naissance dans la transmission.

II. **Etude mathématique du fonctionnement d'une transmission par courroie.** — Nous rappellerons, tout d'abord, brièvement les formules qui définissent le fonctionnement de la transmission et dont nous aurons à nous servir par la suite.

Nous supposerons que les tensions initiales T_0 égales dans les deux brins de la courroie, sont telles que, la transmission de puissance ayant lieu, la courroie soit sur le point de glisser. Nous supposerons, en outre, que la courroie soit inextensible et parfaitement

Digitized by Google

flexible. Nous ferons abstraction de la pesanteur et admettrons que la tension est uniformément répartie dans toute la section de la courroie.

Ces hypothèses faites, les équations du mouvement de la courroie s'obtiennent facilement en écrivant que l'équilibre a lieu entre toutes les forces agissant sur un élément de la courroie.

En décomposant les forces appliquées à un élément de la courroie en deux composantes suivant les direc-

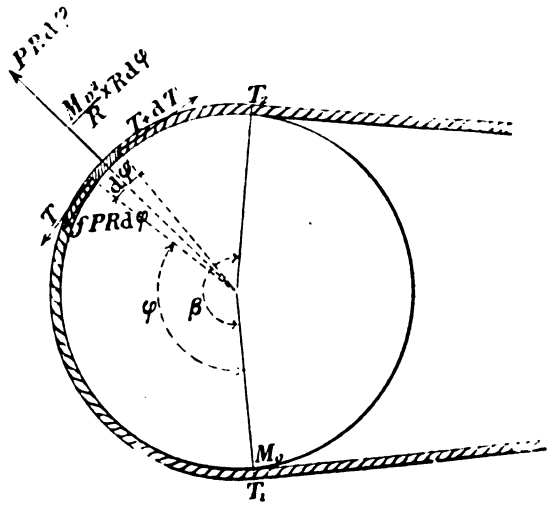


Fig. 1.

tions de la tangente et de la normale à l'élément, on trouve, suivant la direction de la tangente,

$$dT = fPR\,d\varphi,$$

excès de tension = résistance de frottement (fig. 1).

De même, suivant la direction de la normale,

$$T\sin\frac{d\varphi}{2} + (T+dT)\sin\frac{d\varphi}{2} = PR\,d\varphi + \frac{Mv^2}{R}R\,d\varphi;$$

Tensions de part et d'autre de l'élément — Réaction de la poulie — Force centrifuge

d'où, en négligeant les infiniment petits du second ordre,

$$(1)\qquad \begin{cases} dT = fPR\,d\varphi \\ T - Mv^2 = PR. \end{cases}$$

En divisant membre à membre ces deux équations, on obtient

$$\frac{dT}{T-Mv^2} = f\,d\varphi,$$

et en intégrant entre les limites o et φ

$$\int_{T_1}^{T}\frac{dT}{T-Mv^2} = \log\frac{T-Mv^2}{T_1-Mv^2} = f\varphi;$$

où T_1 est la tension du brin mou et T la tension en un point de la courroie pour un angle φ compté à partir du point M_0.

En passant des logarithmes aux nombres, il vient

$$(2)\qquad T = (T_1 - Mv^2)\,e^{f\varphi} + Mv^2.$$

et la pression P normale à la poulie au même point, rapportée à l'unité de longueur, est

$$(3)\qquad P = \frac{T-Mv^2}{R} = \frac{T_1-Mv^2}{R}e^{f\varphi}.$$

La tension du brin tendu T_2 pour un arc embrassé β sur la poulie se déduit immédiatement

$$T_2 = (T_1 - Mv^2)\,e^{f\beta} + Mv^2,$$

ou

$$\frac{T_2 - Mv^2}{T_1 - Mv^2} = e^{f\beta},$$

formules connues.

Remarquons ici que les pressions sur les jantes des poulies exercées par la courroie aux points de contact de deux brins satisfont à l'équation

$$(4)\qquad \frac{p_2}{p_1} = e^{f\beta}.$$

1. Relation entre les tensions initiales de deux brins T_0 et leurs tensions pendant le fonctionnement T_1 et T_2. — Pour les poulies tournant à vide, les tensions des deux brins de la courroie sont égales entre elles (fig. 2)

$$T_2 = T_1 = T_0.$$

La transmission de puissance ayant lieu, les deux tensions T_1 et T_2 sont devenues inégales. Comme cette

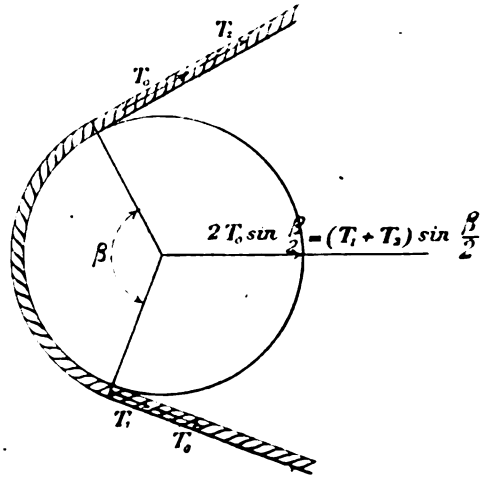


Fig. 2.

inégalité est due uniquement à l'adjonction d'un couple, il s'en suit nécessairement que la tension dans le brin

Digitized by Google

menant à augmenté de la même quantité $\frac{T_2 - T_1}{2}$ dont la tension du brin mené a diminué. On a donc

$$T_2 = T_0 + \left(\frac{T_2 - T_1}{2}\right),$$

et

$$T_1 = T_0 - \left(\frac{T_2 - T_1}{2}\right),$$

d'où

$$2\,T_0 = T_1 + T_2. \tag{5}$$

2. Variation de tension le long de la partie de la courroie en contact avec la jante de la poulie. — La tension dans le brin en contact avec la jante de la poulie étant croissante entre $T_1 < T_0$ et $T_2 > T_0$, il y a un point sur la jante où la tension de la courroie est T_0.

Nous pouvons trouver ce point, en écrivant, d'après les équations 2 et 5,

$$T_0 = \frac{T_1 + T_2}{2} = T = (T_1 - Mv^2)\,e^{f\varphi_0} + Mv^2;$$

d'où

$$e^{f\varphi_0} = \frac{e^{f\beta} + 1}{2},$$

et

$$\varphi_0 = \frac{1}{f}\log_e \frac{e^{f\beta} + 1}{2},$$

où φ_0 est l'angle compté à partir du point de contact de la jante et du brin à la tension T_1 jusqu'au point correspondant à la tension T_0 et β, est l'arc embrassé sur la poulie (fig. 3).

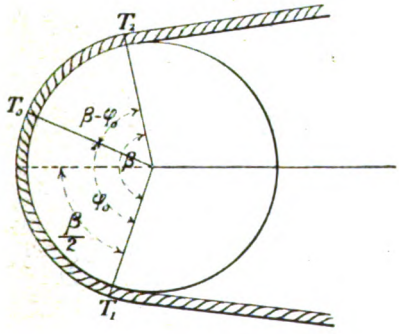


Fig. 3.

Il est facile de voir que φ_0 est toujours plus grand que $\frac{\beta}{2}$, quel que soit l'arc embrassé β et que la différence entre φ_0 et $\frac{\beta}{2}$ augmente avec f et β. Le tableau ci-dessous donne quelques valeurs de φ_0 en fonction de f et de β.

Calcul de l'angle φ_0 pour quelques cas particuliers

Coefficient de frottement de la courroie sur fer	Arc embrassé en degrés	Valeur de φ_0 en degrés	φ_0 en centièmes de β
0,1	90°	47°	52
0,2		48,7	54
0,4		51,6	57,5
0,8		57,6	64
0,1	180°	97,3	54
0,2		103	57,5
0,4		117	65
0,8		135,8	75,5
0,1	270°	149	55
0,2		165	61
0,4		192	71
0,8		222	82

3. Allongement de la courroie en marche. — Nous considérerons d'abord les brins de la courroie en contact avec les jantes des poulies, l'arc embrassé étant égal à β. Nous désignerons, comme précédemment, par φ_0 l'arc compris entre les tensions T_1 et T_0.

Pour un arc φ quelconque compris entre o et β, la tension est

$$t = (t_1 - mv^2)\,e^{f\varphi} + mv^2.$$

On a, d'autre part,

$$t_1 < t_0 < t_2,$$

les t désignant les tensions unitaires.

En passant de la marche à vide à la marche en pleine charge, la tension uniforme t_0 dans la courroie en contact avec la jante s'est modifiée de telle sorte que, pour les points compris entre o et φ_0, la tension croît de t_1 à t_0 et pour ceux entre φ_0 et β, de t_0 à t_2.

La partie de la courroie entre φ_0 et β a dû ainsi s'allonger et celle comprise entre o et φ_0 se raccourcir en passant de la marche à vide à la marche en pleine charge.

Soit dl l'élément de la courroie mesuré à la tension t_0 ; il deviendra égal à $\frac{dl}{1 + \alpha t_0}$ pour une tension nulle et à $\frac{dl\,(1 + \alpha t)}{1 + \alpha t_0}$ à la tension t.

Son allongement, en passant de la tension t_0 à t, sera donc égal à

$$\frac{dl.\alpha\,(t - t_0)}{1 + \alpha t_0} = \frac{R.d\varphi\,\alpha\,(t - t_0)}{1 + \alpha t_0} = \frac{R\alpha}{1 + \alpha t_0}\left[(t_1 - mv^2)\,e^{f\varphi} + mv^2 - t_0\right]d\varphi.$$

Digitized by Google

En intégrant, on obtient l'allongement pour l'arc $(\beta - \varphi_0)$

$$\frac{R\alpha}{1+\alpha t_0}\int_{\varphi_0}^{\beta}[(t_1 - mv^2)e^{f\varphi} - (t_0 - mv^2)]\,d\varphi$$

$$= \frac{R\alpha}{1+\alpha t_0}\cdot\frac{t_2 - t_0}{f} - (t_0 - mv^2)\frac{R\alpha}{1+\alpha t_0}(\beta - \varphi_0),$$

et le raccourcissement total pour l'arc φ_0,

$$\frac{R\alpha}{1+\alpha t_0}\int_{0}^{\varphi_0}[(t_1 - mv^2)e^{f\varphi} - (t_0 - mv^2)]\,d\varphi$$

$$= \frac{R\alpha}{1+\alpha t_0}\left(\frac{t_1 - t_0}{f}\right) + (t_0 - mv^2)\,\varphi_0\frac{R\alpha}{1+\alpha t_0};$$

l'allongement résultant pour l'arc β sera donc, en remarquant que $t_2 - t_0 = -(t_1 - t_0)$

$$\frac{R\alpha}{1+\alpha t_0}(2\varphi_0 - \beta)(t_0 - mv^2).$$

C'est une quantité positive puisque $2\varphi_0$ est plus grand que β. Donc la partie de la courroie en contact avec les jantes s'est allongée en passant de la tension t_0 à vide

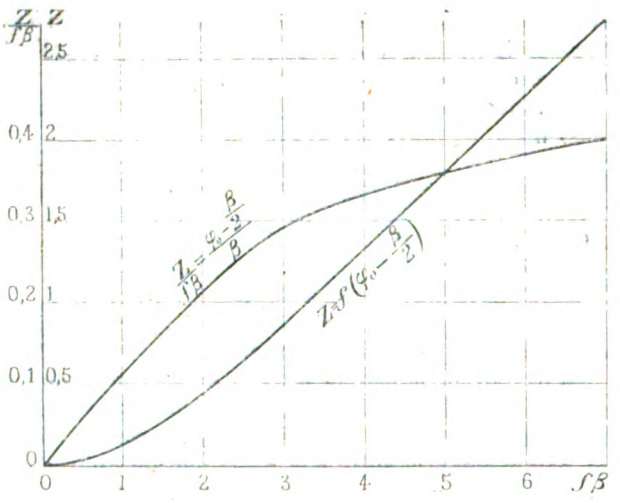


Fig. 4.

aux tensions t_1, t_2 en charge. Une certaine quantité de cuir a glissé des poulies sur les brins libres.

L'expression précédente peut se mettre sous la forme approchée suivante

$$2R\beta\alpha t_0\left(\frac{\varphi_0 - \frac{\beta}{2}}{\beta}\right).$$

La valeur de

$$\frac{\varphi_0 - \frac{\beta}{2}}{\beta}$$

se retrouve facilement sur les courbes de la figure 4 ; sa valeur est voisine de 0,1 dans les cas usuels.

Il en résulte que l'allongement de la partie de la courroie en contact avec les jantes de poulie est de l'ordre de 0,1 pour 100.

Quant aux brins mené et menant, si l'on fait abstraction de la pesanteur, il est facile de se rendre compte que la longueur totale de ces brins est plus petite en charge qu'à vide.

En effet, le brin menant s'allonge lorsque la tension passe de t_0 à t_2.

Appelons L_0 sa longueur à la tension t_0; à la tension t_2 sa longueur devient

$$\frac{L_0(1+\alpha t_2)}{1+\alpha t_0}.$$

Ce brin est donc devenu plus long de la quantité

$$\frac{L_0(1+\alpha t_2)}{1+\alpha t_0} - L_0 = \frac{L_0(t_2 - t_0)\alpha}{1+\alpha t_0} = \frac{L_0(t_2 - t_1)\alpha}{2(1+\alpha t_0)},$$

qui est transportée sur le brin mené.

Ce dernier se raccourcit de la quantité

$$\frac{L_0(1+\alpha t_1)}{1+\alpha t_0} - L_0 = \frac{L_0(t_2 - t_1)\alpha}{2(1+\alpha t_0)}.$$

En ramenant la première longueur à la même tension t_1, on trouve un raccourcissement de la courroie égal à

$$\frac{L_0(t_2 - t_1)\alpha}{2(1+\alpha t_0)} - \frac{L_0(t_2 - t_1)\alpha(1+\alpha t_1)}{2(1+\alpha t_0)(1+\alpha t_2)} = \frac{L_0\alpha^2(t_2 - t_1)^2}{2(1+\alpha t_0)(1+\alpha t_2)},$$

ou, sensiblement,

$$\frac{1}{2}L_0\alpha^2(t_2 - t_1)^2.$$

En prenant pour α la valeur de $\frac{1}{2\,000}$ et pour $t_2 - t_1$, 20 kg : cm² environ, on a, en mètres,

$$\frac{1}{2}L_0\alpha^2(t_2 - t_1)^2 = \frac{L_0}{20\,000}$$

La modification totale de la longueur de la courroie passant de la marche à vide à la marche en charge peut être donnée par l'expression approchée suivante pour deux poulies de même diamètre D

$$\Delta L = 2D\beta\alpha t_0\left(\frac{\varphi_0 - \frac{\beta}{2}}{\beta}\right) - \frac{1}{2}L_0\alpha^2(t_2 - t_1)^2,$$

sensiblement égale à

$$\Delta L = \frac{\pi D t_0}{10\,000} - \frac{L_0(t_2 - t_1)^2}{8.10^8},$$

et pour $t_0 = 20$ kg : cm² et $t_2 - t_1 = 20$ kg : cm²

$$\Delta L = 0{,}00628\,D - 0{,}5.10^{-4}L_0 \quad \text{mètres.}$$

Digitized by Google

ou, en millimètres,

$$\Delta L = 6{,}28\, D - 0{,}05\, L_0,$$

D et L_0 étant exprimés en mètres.

Cette expression montre que, dans tous les cas pratiques, la courroie s'allonge sous l'action de l'effort transmis et d'autant plus que le rapport $\frac{L_0}{D}$ (sensiblement le rapport de la distance des axes des poulies à leur diamètre) est plus petit. Toutefois, cet allongement est très petit et ne dépasse pas quelques millimètres. Pour les poulies de 2 m de diamètre, l'allongement de la courroie est de l'ordre de 6 mm par poulie.

4. Calcul de la section de la courroie. — Les formules précédentes permettent de déterminer les tensions dans la courroie, en connaissant : β, l'arc embrassé, en radians; f, le coefficient de frottement de la courroie sur la jante de la poulie; P, l'effort transmis, en kilogrammes; V, la vitesse périphérique, en mètres par seconde; M, la masse de la courroie par mètre de longueur; n, la puissance à transmettre, en chevaux.

On a obtenu, en effet,

$$T_2 = P\,\frac{e^{f\beta}}{e^{f\beta}-1} + MV^2,$$

tension maximum totale dans le brin menant :

$$T_1 = P\,\frac{1}{e^{f\beta}-1} + MV^2,$$

tension totale dans le brin conduit :

$$T_0 = \frac{P}{2}\,\frac{e^{f\beta}+1}{e^{f\beta}-1} + MV^2,$$

tension commune dans les brins à l'arrêt :

$$P = T_2 - T_1 = \frac{75\,n}{V},$$

effort transmis.

En appelant τ la charge maximum admissible par centimètre carré de la section S de la courroie, on doit adopter la section S telle que

$$S \geq \frac{T_2}{\tau},$$

Les tables ci-après permettent de calculer facilement T_2, T_1 et T_0 en connaissant β et f. Malheureusement, le coefficient de frottement est très mal déterminé. On doit augmenter la tension T_0 trouvée de 10 à 20 pour 100 pour éviter le glissement de la courroie en charge. En effet, d'après les expériences soigneuses faites par de nombreux expérimentateurs (entre autres : le général Morin, Wilfrid Lewis et Bankroft, Institut technologique de Massachussets, etc., etc...), nous voyons que le coefficient de frottement varie de 15 à 135 pour 100 suivant l'état des poulies et courroies, le façonnage de la courroie, la convexité de la jante et les conditions atmosphériques.

Rapport de l'arc à la circonférence	Valeurs de $e^{f\beta}$ pour le coefficient de frottement f égal à											
$\frac{\beta}{2\pi}$	0,12	0,15	0,2	0,22	0,25	0,28	0,30	0,33	0,35	0,40	0,47	0,50
0.1	1,01				1,17	1,19		1,23		1,29	1,34	1,37
0.2	1,16	1,21		1,32	1,37	1,42		1,51		1,65	1,81	1,87
0.25			1,37		1,48		1,60		1,73	1,87		2,19
0.3	1,25	1,34	1,46	1,52	1,60	1,69	1,76	1,86	1,93	2,12	2,43	2,57
0,35			1,55		1,73		1,93		2,16	2,41		3
0.4	1,35	1,48	1,65	1,73	1,87	2,02	2,12	2,29	2,50	2,73	3,26	3,51
0.425	1,38				1,95	2,11		2,41		2,91	3,51	3,8
0.45	1,40		1,76		2,03	2,21	2,33	2,54	2,69	3,10	3,78	4,11
0.475	1,43				2,11	2,31		2,68		3,3	4,07	4,45
0.50	1,46	1,63	1,87	1,99	2,19	2,41	2,57	2,82	3	3,51	4,38	4,81
0,525	1,49				2,28	2,52		2,97		3,74	4,71	5,2
5,55	1,51		2,00		2,37	2,63	2,82	3,15	3,35	3,98	5,03	5,7
0.6	1,57	1,79	2,12	2,29	2,56	2,81	3,09	3,47	3,74	4,51	5,88	6,58
0.65							3,4					
0.7	1,66	1,98	2,41	2,63	3,00	3,43	3,74	4,27	4,66	5,81	7,9	9,02
0.75												
0.8	1,83	2,18		3,02	3,51	4,09		5,25		7,47	10,6	12,34
0.85												
0.9	1,97				4,11	4,87		6,46		9,6	14,3	16,9
0,95												
1	2,12	2,65		3,97	4,81	5,81		7,95		12,35	19,2	23,14

Digitized by Google

5. Choix de la tension. — La tension de pose T_0 de la courroie dépend de la tension maximum qu'on admet dans le brin tendu.

On fait généralement travailler la courroie à une tension supérieure à 20 kg : cm² et à une vitesse périphérique d'environ 15 m : s.

M. Taylor, en se basant sur des essais effectués pendant une dizaine d'années, a trouvé que la vitesse la plus économique doit être supérieure à 20 m : s et la tension maximum la plus économique, comprise entre 14 et 16 kg : cm².

Théoriquement, la vitesse périphérique qui permet de transmettre avec une courroie donnée le maximum de puissance peut être déterminée de la façon suivante. Comme

$$T_2 = P\frac{ef}{ef-1} + Mv^2$$

et

$$P = \frac{75w}{v},$$

on peut écrire

$$T_2 = \frac{75w}{v}\times\frac{ef}{ef-1} + Mv^2;$$

d'où

$$w = (T_2 - Mv^2)\,v\,\frac{ef-1}{75\,ef}.$$

En faisant varier la vitesse v seule, la puissance transmise par la courroie passe par un maximum pour

$$T - 3Mv^2 = 0;$$

d'où

$$v = \sqrt{\frac{T_2}{3M}}.$$

Si l'on prend $T_2 = 14$ à 16 kg : cm², la vitesse optimum v est de 20 à 22 m : s. Cette vitesse optimum dépend ainsi uniquement de la densité du cuir et de l'effort à transmettre.

La tension la plus économique, d'après M. Taylor, est comprise entre 14 et 16 kg : cm², ce qui correspond bien à la vitesse optimum de 20 à 22 m : s indiquée par lui.

6. Remarques de M. Taylor sur la meilleure utilisation des courroies. — Nous croyons utile de reproduire les remarques suivantes de M. Taylor sur la meilleure utilisation des courroies (1).

Tension optimum. — Les diverses autorités que l'auteur a consultées estiment entre 20,3 et 35 kg : cm² la tension totale de sécurité des courroies. D'une façon générale, ces auteurs se basent sur la résistance à la tension du cuir et prennent un coefficient de sécurité arbitraire. Autant que je sache, ils ne donnent aucune raison pour justifier le choix de ce coefficient particulier, par lequel ils multiplient la résistance à la rupture pour obtenir la charge de sécurité. Par conséquent, leurs conclusions semblent arbitraires et peu satisfaisantes.

La tension totale la plus économique pour les courroies doit se trouver entre 12,21 et 25,06 kg : cm². Une tension totale de 12,2 kg : cm² est évidemment inférieure à celle requise par l'économie, puisque l'examen des résultats concernant les courroies d'embrayage fait par l'auteur montre qu'elles marchent en moyenne vingt-deux mois sans être retendues et qu'à la fin de cette période elles ne glissent pas encore.

Depuis plusieurs années, l'auteur a employé avec satisfaction les règles suivantes et il croit qu'elles représentent la pratique la plus économique : la tension totale moyenne sur la section des courroies doit être comprise entre 14 et 15,75 kg : cm² : les courroies en caoutchouc à six ou sept plis, ainsi que toutes les courroies doubles en cuir, sauf les courroies tannées et foulées, transmettent économiquement une traction de 5,35 kg par centimètre de largeur sur la jante de la poulie.

Les courroies doubles en cuir tanné et foulé transmettent économiquement une traction par centimètre de largeur de 6,3 kg.

La vitesse linéaire la plus économique pour les courroies est de 1 220 à 1 380 m : mn.

L'auteur a eu une occasion intéressante, quoique des plus malheureuses, de comparer les règles ordinairement adoptées pour les courroies aux règles ci-dessus.

Comme directeur général d'une compagnie, il était chargé de la construction et de l'organisation de deux grandes fabriques de pâte de bois au bisulfite, dans lesquelles la transmission par courroies transmettait une puissance totale de 3 500 ch, par unités variant de 1 000 ch par courroie jusqu'à quelques chevaux seulement. La transmission marchait nuit et jour pendant toute la semaine, du dimanche au dimanche, sans qu'il y ait eu jamais d'arrêt. Par un malentendu, pendant le séjour de l'auteur à l'une des usines, la moitié de l'autre, représentant 900 ch, fut équipée de courroies d'après la règle suivante, considérée comme à peu près la moyenne de la pratique ordinaire :

Une double courroie de cuir ou une courroie de caoutchouc de six à sept plis peut transmettre 11,6 kg de traction par centimètre de largeur sur la jante de la poulie.

La vitesse de la transmission était de 1 525 à 1 830 m : mn.

Environ un tiers des courroies de l'usine étaient en cuir et les deux autres tiers, en caoutchouc.

Au retour de l'auteur à l'usine, la seconde moitié de celle-ci fut pourvue de courroies à raison d'un effort par centimètre de courroie double, de 5,35 kg avec une vitesse de 1 220 et 1 380 m : mn.

(1) *La direction des ateliers*, par P. W. Taylor, édité par Dunod et Pinat.

Digitized by Google

On peut dire que la transmission de la première moitié de cette usine (règles ordinaires) donna cent fois plus d'ennuis que la seconde. En fait, elle se montra la cause principale des dérangements et des dépenses dans l'exploitation de cette moitié de l'usine, eu égard aux interruptions fréquentes de fabrication qu'elle causa. Au contraire, la seconde moitié marcha depuis la mise en route presque sans incident.

C'est là une confirmation des plus probantes, quoique coûteuse, des expériences de neuf années.

Vitesse optimum. — En ce qui concerne la vitesse de marche des courroies, on peut dire qu'à des allures modérées cette vitesse a peu ou point d'effet sur leur durée, puisque les courroies d'embrayage qui ont résisté environ deux fois plus longtemps que les courroies de cônes marchaient deux fois plus vite.

Toutefois, quand la vitesse devient suffisamment élevée pour que la force centrifuge joue un rôle important dans l'augmentation de la charge totale de la courroie, cette vitesse devient un élément capital affectant la durée.

L'auteur a adopté une vitesse de 1 220 à 1 380 m : mn comme la plus économique, pour plusieurs raisons ; l'une d'elles est que les courroies marchant à une allure supérieure ont une grande tendance à former des ondulations le long du brin de retour, à fouetter et à vaciller d'un côté à l'autre des poulies, tendance qui s'accentue et devient dangereuse quand la largeur de la courroie augmente par rapport à son épaisseur. Cependant, la principale raison qui a déterminé l'auteur à adopter cette vitesse est que, la force centrifuge étant prise en considération, une tension totale de 14 à 15,75 kg : cm² donne le maximum d'efficacité quand la courroie tourne entre 1 220 et 1 380 m : mn.

Influence de l'épaisseur de courroie. — En raison de leur plus grande rigidité latérale, les courroies épaisses sont de beaucoup préférables aux courroies minces ; l'auteur est tellement convaincu que la rigidité augmente la durée des courroies qu'il a pris pour règle d'employer, dans tous les cas, une courroie aussi épaisse que le permet le diamètre des poulies.

L'avantage est nettement démontré par le fait des courroies composées de deux ou plusieurs épaisseurs de cuir, que toute imperfection locale du cuir, fatale dans une courroie à simple épaisseur, est de peu d'influence dans une courroie double ou triple.

Un grand nombre d'expérimentateurs ont montré que la puissance transmise par une courroie pour un arc embrassé donné est à peu près indépendante de la surface de courroie en contact avec la poulie et qu'elle dépend principalement de l'aire de la section droite de la courroie et de la tension totale ; en sorte qu'une courroie triple transmettra environ la même puissance qu'une courroie simple trois fois plus large.

Avec les courroies larges et aux grandes vitesses, il convient spécialement d'augmenter l'épaisseur ; quand on emploie des courroies minces à grandes vitesses, elles fouettent presque toujours par le brin conduit, particulièrement si la puissance qu'elles transmettent est sujette à de brusques variations. Ce fouettement se continue souvent dans la courroie sur la partie qui s'enroule autour de la poulie, si bien qu'en se plaçant dans une position favorable on peut voir du jour entre la poulie et la courroie. Ces ondulations de la courroie et les claquements qui en résultent lorsqu'elle se tend, l'usent très rapidement et font souvent céder les épissures en quelques mois. On a invariablement remédié à cet inconvénient en augmentant l'épaisseur de la courroie. Quand on lui donne une épaisseur suffisante, elle forme, sur les mêmes poulies et dans les mêmes conditions, une longue courbe invariable sur le brin conduit ; et les ondulations et les claquements cessent.

Il semble également qu'on doive maintenir un certain rapport entre l'épaisseur et la largeur de la courroie particulièrement aux grandes vitesses. Autrement, la courroie a tendance à chasser d'un côté à l'autre des poulies. Ce mouvement semble être dû principalement aux oscillations de la courroie autour de son axe longitudinal dans le brin conduit ; celle-ci se tend successivement sur un bord, puis sur l'autre, et le côté qui se tend monte vers le milieu de la jante. Cette oscillation et le glissement latéral qui en résulte cessent presque sûrement quand l'épaisseur de la courroie est augmentée proportionnellement à sa largeur.

Donnons un exemple de ce principe : l'auteur se souvient du cas d'une courroie de 1,98 m de largeur et de 14,4 mm d'épaisseur, tournant à la vitesse de 1 680 t : mn environ, qu'on ne pouvait jamais empêcher de glisser latéralement sur ses poulies à moins d'employer une poulie de tension. Ce glissement latéral était dû à l'oscillation de la courroie autour de son axe longitudinal, en raison de sa faible épaisseur eu égard à sa largeur.

Une courroie de 22,2 mm d'épaisseur et de 1,83 m de largeur, employée sur les mêmes poulies, fut à peu près exempte de ce défaut, et l'auteur est convaincu qu'en portant l'épaisseur à 28,5 mm, on aurait rendu la courroie suffisamment rigide pour supprimer totalement cet inconvénient. Il faut noter que la courroie plus épaisse se montra, à tous égards, plus économique, plus durable et plus satisfaisante que la courroie primitive.

S'il est correct d'employer des courroies épaisses en raison de leur rigidité latérale et de leur durée qui en est la conséquence, il devient d'importance capitale de définir le diamètre minimum de poulie pouvant être employé avec une épaisseur donnée de courroie, de façon à ce que celle-ci ait encore une durée convenable.

Diamètres des poulies. — L'auteur est absolument certain que les courroies doubles en cuir de 9,5 mm d'épaisseur ont une bonne durée et donnent toute satisfaction sur des poulies dont le diamètre ne serait que de 305 mm, car il a eu un bon nombre de courroies en service pendant des années dans ces conditions.

Depuis quelque temps, il a en service une courroie triple en cuir de 305 mm de largeur, 14 mm d'épaisseur, tournant à 3 375 m : mn environ avec une poulie

Digitized by Google

de tension pressant légèrement au-dessus. Cette courroie transmet une puissance de 100 ch environ à une poulie de 305 mm de diamètre. Jusqu'ici, elle a donné d'excellents résultats et a duré déjà deux fois plus que les deux courroies doubles qui l'avaient précédée.

L'auteur est convaincu, d'après sa propre expérience, qu'on peut sûrement et qu'on doit employer :

1 courroie double sur une poulie de 305 mm de diamètre et plus :

1 courroie triple sur une poulie de 510 mm de diamètre ;

1 courroie quadruple sur une poulie de 760 mm et plus de diamètre.

Mais il est aussi d'avis qu'on peut employer des courroies doubles, triples et quadruples sur des poulies à partir des diamètres respectifs de 230, 380 et 610 mm.

Épissures. — En ce qui concerne la question d'assemblage des deux extrémités de la courroie, il pense pouvoir affirmer que la durée d'une courroie est doublée quand elle présente une jonction par épissure et collage, au lieu d'être cousue au moyen de lanières et de fils métalliques, ou bien agrafée de quelque façon que ce soit. Quand les courroies sont soumises au service le plus rigoureux, la partie épissée de la courroie doit être également rivée et les rivets en fer sont alors préférables à ceux en cuivre.

Pour les courroies doubles, il convient de faire les épissures de 255 mm de longueur pour toutes les courroies jusqu'à 255 mm de largeur ; à partir de cette largeur et jusqu'à 460 mm, l'épissure doit avoir une longueur égale à la largeur de la courroie. Une épissure de 765 mm est la plus longue qui soit nécessaire pour les courroies doubles.

Lorsqu'on emploie des poulies de tension, il faut adopter une épissure en V. Il convient également de l'employer pour toutes les courroies triples et quadruples.

Avec les courroies en caoutchouc, on adoptera l'épissure en échelons et la portion épissée aura une ou deux épaisseurs de plus que le corps de la courroie.

M. T. Robins Junior, de New-York, a indiqué une méthode pour enduire les surfaces à épisser d'une solution de caoutchouc et pour vulcaniser la partie épissée de la courroie, après son montage sur la poulie, au moyen de pinces chauffées à la vapeur. Quoique d'une application un peu ennuyeuse, ce procédé semble donner à l'épissure à peu près la même résistance que celle du reste de la courroie.

Poulies de tension. — Dans les établissements qui marchent nuit et jour pendant toute la semaine, sans aucun arrêt, comme, par exemple, dans les fabriques de papier et de pâte de bois, chaque courroie importante doit être pourvue d'une poulie de tension, de manière que, si elle se relâche au milieu de la semaine, on puisse la retendre au moyen de la poulie pendant la marche et fonctionner ainsi provisoirement jusqu'au dimanche, jour où on la retendra ou bien on refera l'épissure.

La meilleure position pour la poulie de tension sur les courroies à grande vitesse se trouve sur le brin conduit, à peu près au quart de la distance à partir de la poulie motrice. Elle use beaucoup moins la courroie dans cette position que si elle était placée près de la poulie commandée, comme on a l'habitude de le faire, et la tendance de la poulie à faire tomber la courroie quand elle est légèrement déplacée ou quand elle tire inégalement, est beaucoup moindre. L'auteur sait bien que ceci est contraire aux théories admises et il n'est arrivé à cette conclusion qu'après des essais répétés.

La méthode la plus satisfaisante pour tendre les courroies, lorsque les circonstances s'y prêtent, est d'écarter les poulies l'une de l'autre. Par suite, quand la chose est possible, il faut monter les arbres de renvoi sur des bâtis qu'on puisse relever pour tendre les courroies verticales ou diagonales. Pour cela, on insère des garnitures d'épaisseur variable entre les bâtis et les poutres de support.

Distance entre axes. — La commande par courroie est la plus satisfaisante quand les arbres sont écartés de 6 à 7,50 m ; s'ils sont plus éloignés, le brin conduit a trop de tendance à fouetter et, si la distance d'axe en axe est inférieure à 6 m, les courroies ont besoin d'être retendues trop souvent.

Avec les courroies commandant les transmissions principales, il est souvent bon d'adopter une distance d'axe en axe supérieure à celle ci-dessus, de façon à obtenir un arc embrassé plus grand sur la petite poulie.

Jantes. — Les jantes des poulies doivent avoir, autant que possible, une largeur supérieure de 1 ½ à celle des courroies qui les commandent, de façon à permettre tout allongement inégal ou toute marche irrégulière de la courroie ainsi qu'un certain déplacement latéral.

Entretien. — Les courroies doivent être nettoyées et graissées tous les cinq ou six mois ; on doit mettre juste assez de graisse pour maintenir humide la surface de la courroie et l'empêcher de se fendiller. Dans l'expérience ci-dessus indiquée, on a constaté que le graissage des courroies tous les trois mois était plus fréquent qu'il n'est nécessaire.

Pour augmenter la durée des courroies aussi bien que pour éviter un frottement excessif sur les paliers, il est très important de ne pas surcharger les courroies. En conséquence, quand les circonstances le permettent, on emploiera des agrafes de courroie munies de dynamomètres à ressort, pour mesurer la tension exacte sous laquelle est tendue la courroie ; on dressera soigneusement un tableau indiquant l'effort sous lequel doit être tendue chaque courroie de l'usine.

Néanmoins, en beaucoup de cas, il est impossible d'employer des agrafes à ressort dynamométrique pour tendre les courroies ; alors, on a l'habitude d'apprécier au jugé la longueur dont il faut les raccourcir et il arrive fréquemment que les résultats de cette appréciation soient désastreux aussi bien pour les courroies que pour les paliers.

Digitized by Google

D'après les essais effectués par l'auteur, quand une courroie double, travaillant suivant les règles ordinaires sous une traction totale par centimètre de largeur de 19,8 kg et transmettant une force par centimètre de largeur de 11,6 kg, doit être tendue, on peut la raccourcir de 4,15 mm par mètre de longueur.

Si cette courroie travaille sous une traction totale de 9,65 kg avec une force transmise de 4,65 kg par centimètre de largeur, il convient de raccourcir la courroie de 8,3 mm par mètre de longueur.

Dans une usine, les réparations graves aux courroies et à tous les autres organes mécaniques seront évitées dans la mesure du possible par des visites systématiques et minutieuses à intervalles réguliers. L'auteur a trouvé qu'une sorte d'agenda ayant une feuille pour chaque jour de l'année et rappelant journellement les inspections et visites à passer était d'une aide inestimable pour l'entretien de l'outillage mécanique d'un établissement. Avec cette méthode, rarement une courroie glissera ou tombera en service et la plupart des réparations pourront se faire en dehors des heures de travail.

On épargne beaucoup de temps en confiant spécialement à un ou deux hommes les réparations et l'ajustage des courroies. Un manœuvre est rapidement mis au courant de la réparation des courroies après la cessation du travail et la fait soigneusement et de façon plus systématique que ne la feraient pendant les heures de travail les ouvriers payés cher qui conduisent les machines.

Durée des courroies. — Les courroies doubles en cuir, bien entretenues et marchant nuit et jour à une allure modérée, peuvent durer *sept ans*, quand elles sont soumises à une traction moyenne totale de 19,8 kg par centimètre de largeur ou encore à une tension de 25,06 kg : cm².

Elles dureront *dix-huit ans* sous une traction moyenne de 9,65 kg par centimètre de largeur, soit une tension de 12,18 kg : cm².

La durée d'une courroie dépend de la tension totale et d'autres éléments. — La durée totale d'une courroie, les frais d'entretien et de réparation et les interruptions de fabrication qu'elle occasionne dépendent de la traction totale à laquelle elle est soumise plus que d'aucune autre cause. Les causes principales ayant aussi une influence sur la durée des courroies sont :

1° Le mode de jonction, c'est-à-dire si elles sont raccordées par des épissures, cousues ou agrafées ;

2° La façon dont elles sont graissées, nettoyées et tenues nettes d'huile de machines ;

3° La vitesse à laquelle elles marchent.

La durée n'est pas influencée par la vitesse. — La vitesse à laquelle fonctionnent les courroies a relativement peu d'effet sur leur durée lorsqu'elle ne dépasse pas 760 à 915 m : mn.

Rapport du prix total de revient annuel au prix initial. — Le prix de la main-d'œuvre et des matériaux employés à l'entretien et à la réparation des courroies doubles, ajouté aux frais de renouvellement des courroies usées pendant un certain nombre d'années, s'élève, en moyenne, à un chiffre annuel de 37 pour 100 du prix initial quand les courroies sont tendues suivant les règles ordinaires et travaillent sous une traction totale de 19,8 kg, avec un effort transmis de 11,6 kg par centimètre de largeur.

Mais, si ces courroies fonctionnent d'après une règle plus économique, sous une traction totale de 9,65 kg en transmettant un effort de 4,65 kg par centimètre de largeur, les frais annuels d'entretien, de réparations et de remplacement ne dépassent pas 14 pour 100 du prix initial et sont probablement inférieurs à ce chiffre.

Frais d'entretien et de réparations. — Les frais d'entretien et de réparations des courroies doubles en cuir, pour une durée totale de six à sept années en un service continu de jour et de nuit, s'élèvent à 1,5 fois la valeur du prix initial quand ces courroies fonctionnent suivant les règles ordinaires.

Mais, quand les courroies travaillent suivant la règle la plus économique donnée ici, ces mêmes frais ne s'élèvent qu'à 30,4 pour 100 du prix initial, pour une durée de huit années.

Arrêts dans la fabrication. — En moyenne, la courroie double marchant nuit et jour, dans un atelier de mécanique, causera au moins vingt-six arrêts de fabrication pendant son existence, ou *cinq par an* si la courroie travaille suivant les règles ordinaires ; mais, si elle travaille d'après la règle la plus économique mentionnée, les arrêts de fabrication qu'occasionnera chaque courroie seront réduits à *1 (un) par 16 mois.*

Supériorité, sur toutes les autres courroies, des courroies en cuir tanné à l'écorce de chêne et foulé. — Au cours d'une expérience soigneusement conduite, faite dans un atelier de mécanique pendant une durée de neuf ans sur 40 à 45 courroies, celles en cuir tanné à l'écorce de chêne et foulé se sont montrées supérieures à tous égards, sauf en ce qui concerne le coefficient de frottement, aux courroies en cuir tanné non foulé, en cuir demi-vert ou en cuir tanné superficiellement. Elles ont duré plus longtemps, occasionné moins d'arrêts dans la fabrication ; elles se sont moins allongées et plus régulièrement ; elles ont moins coûté par année de service, ont eu besoin d'être retendues moitié moins souvent et ont donné moins d'ennuis que les autres à leur mise en service.

De l'avis de l'auteur, les courroies devraient être beaucoup plus fortes et marcher plus lentement que l'indiquent les théories et les règles admises, et cela, non seulement pour réduire la dépense en courroies par une plus longue durée, mais aussi et bien plus pour éviter les fréquentes interruptions dans la fabrication. Quand ils évaluent la dépense totale de courroies et les frais de fabrication imputables à ce chapitre, les observateurs les plus soigneux arrivent bien vite à cette conclusion que le chiffre de beaucoup le plus considérable dans ce calcul est le temps perdu par les machines pendant qu'on répare et qu'on retend les courroies. C'est certainement le cas, même lorsque le mode d'exploitation permet d'arrêter l'une des

Digitized by Google

machines sans inconvénient pour ses voisines; ce l'est bien davantage dans les établissements où les machines marchent par série et où l'arrêt de l'une implique l'arrêt des autres.

III. Pertes dans les transmissions par courroies. — Lorsqu'il s'agit d'établir une transmission par courroie, on se préoccupe bien peu du rendement d'une semblable installation.

Les seules pertes dont on tienne compte, dans le calcul de ces transmissions, sont celles engendrées par frottement dans les paliers.

A ces pertes, toutefois, il s'en ajoute d'autres, très rarement évaluées, ayant leur siège dans la courroie elle-même. Ces dernières peuvent avoir, dans certaines circonstances, une importance non négligeable. Ce sont :

1° Pertes provenant de l'allongement périodique de la courroie dans son mouvement sous l'action de l'effort transmis, ou pertes par frottement de la courroie sur la jante des poulies pendant son allongement;

2° Pertes provenant de l'enroulement de la courroie sur la jante des poulies;

3° Pertes par flottement dans les courroies trop longues, ou mal établies;

4° Pertes, dans les courroies croisées, dues à l'extension du bord extérieur des brins.

Rappelons d'abord la formule des pertes dans les paliers.

Soit A le poids de la transmission; la résultante géométrique des tensions agissant sur un des paliers est, pour la transmission tournant à vide (fig. 5),

$$\overline{R_0} = \overline{A} + 2\,\overline{T_0} \sin \frac{\varphi}{2}.$$

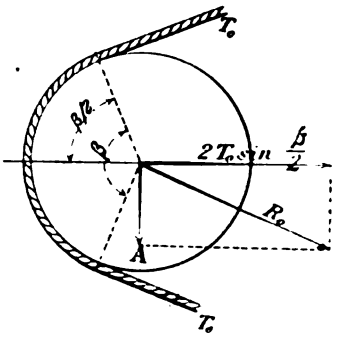


Fig. 5.

La puissance absorbée par le frottement dans le palier est

$$\mathfrak{E} = \frac{2\pi r N R_0 F}{60}.$$

où r représente le rayon du tourillon en mètres; N, le nombre de tours par minute de la poulie; F, le coefficient de frottement du tourillon sur le coussinet.

VALEURS DU COEFFICIENT F (IZART).

Corps en contact.	Les surfaces sont légèrement graissées.	Le graissage a lieu de temps en temps	Le graissage a lieu de façon continue (bagues, huile sous pression, etc.)
Fonte sur fonte	0,15	0,075	0,054
Fonte sur bronze	0,16	0,075	0,05
Acier sur fonte	0,19	0,07	0,054
Ou fer sur bronze	0,19	0,07	0,054
Acier sur gaïac	0,19	0,11	
Acier sur métal blanc (antifriction)	0,23		0,01

NOTA. — Ces chiffres correspondent à des pressions et vitesses usuelles, la température du palier n'excédant pas 20° à 25°C.

GALET ENROULEUR DE LA COURROIE. — L'emploi du galet enrouleur permet de diminuer sensiblement la traction qui s'exerce sur les paliers et, par conséquent, les pertes par frottement, ainsi que de réaliser une certaine économie sur la longueur de la courroie.

Si l'on admet que le coefficient de frottement reste le même, l'économie de puissance que peut procurer un enrouleur est de l'ordre de 50 pour 100 de la puissance perdue normalement à la condition de munir de roulements à billes le galet enrouleur.

En effet, si l'angle d'enroulement sur la plus petite poulie peut doubler sur la plus grande, l'enrouleur ne modifie l'arc embrassé que de 20 à 25 pour 100 au maximum (fig. 6).

Ainsi, pour la petite poulie, avec $f = 0,5$, $e^{f\alpha}$ passe de 3,1 à 8,3 tandis que, pour la grande, il ne varie que de 7,5 à 10,7.

Toutefois, l'économie réalisée peut être plus importante en tenant compte de ce que la courroie avec enrouleur s'applique mieux sur les jantes des poulies empêchant l'air de former matelas intermédiaire circonstance qui peut justifier l'emploi d'un coefficient /

Digitized by Google

apparent plus grand que pour la courroie sans enrouleur.

IV. Pertes provenant des allongements et des raccourcissementspériodiques de la courroie. — Si la courroie était inextensible, le passage d'un de ses

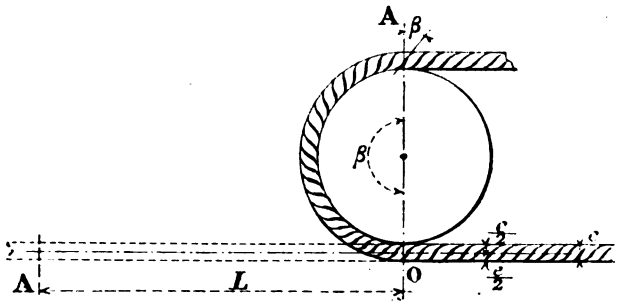


Fig. 6.

éléments de la tension t_1 à la tension t_2 ne serait accompagné d'aucun changement de longueur et la vitesse périphérique de tous les éléments serait la même ; la transmission d'un effort par la courroie ne serait accompagnée d'aucun glissement sur les jantes des poulies tant que cet effort resterait inférieur à la résistance de frottement.

En réalité, la courroie est élastique et les éléments successifs s'allongent de plus en plus en passant de la tension T_1 à la tension T_2. Comme, dans le mouvement uniforme de la courroie, il passe à travers chaque section et pendant le même temps la même quantité de cuir, il s'ensuit que les éléments plus tendus de la courroie auront une vitesse plus grande que les éléments moins tendus. Ces modifications de vitesse ayant lieu pendant le passage de la courroie sur la jante d'une poulie tournant à une vitesse constante, il en résulte un déplacement relatif en sens inverse du mouvement de la poulie pour tous les éléments tournant à la vitesse plus faible et un déplacement dans le sens du mouvement pour tous les éléments tournant à la vitesse plus grande.

Ainsi, quelque forte que soit la tension initiale, il y a toujours un glissement des éléments de la courroie sur la jante de la poulie, sauf pour ceux qui passent par la tension T_0 (fig. 7).

Ce glissement donne lieu à des pertes de la puissance à transmettre, d'autant plus importantes que le coefficient d'allongement est plus élevé.

Il convient de remarquer que le glissement dont il s'agit ici ne produit pas de chute de vitesse entre la poulie motrice et réceptrice. Dans une transmission convenablement établie et tournant dans les conditions normales, la vitesse de deux poulies doit rester pratiquement la même. La longueur de la courroie se déroulant d'une poulie doit rester égale à l'arc dont la poulie a tourné,

Si l'on constate la différence de vitesse de deux poulies, cela indique que la transmission est mal établie, le coefficient de frottement au départ étant toujours plus élevé que le coefficient de frottement à l'état de mouvement. D'autre part, l'effort transmis est donné par l'expression

$$T = (T_2 - Mr^2)\frac{e^{f\beta} - 1}{e^{f\beta}},$$

qui montre que cet effort diminue avec le coefficient de frottement f.

Ainsi, avec une courroie glissant sur la poulie, le coefficient de frottement diminue et la courroie transmet un effort plus faible que celui qu'elle aurait pu transmettre théoriquement. Pour diminuer les pertes de puissance et assurer la meilleure conservation de la courroie, on doit prévenir ces sortes de glissement en retendant la courroie, ou, en la remplaçant par une autre plus forte, ou, enfin, en installant un enrouleur.

Les pertes par l'allongement de la courroie peuvent être calculées de la façon suivante :

Soient : v_0, la vitesse de la poulie ; v, la vitesse d'un

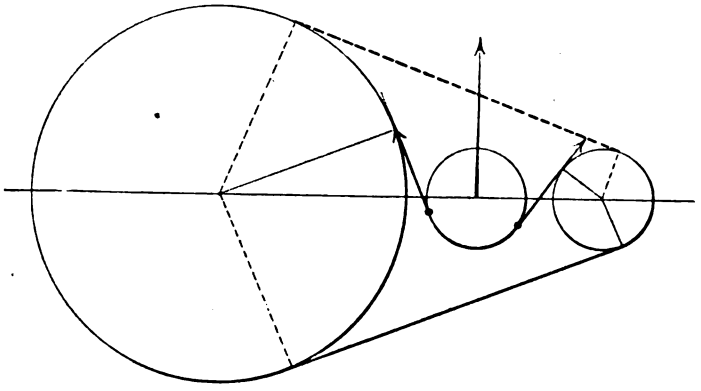


Fig. 7.

point de la courroie à la tension t en contact avec la poulie.

On a

$$v = v_0\frac{1 + \alpha t}{1 + \alpha t_0}.$$

Le glissement de cet élément de la courroie par rapport à la poulie sera

$$g = v - v_0 = \frac{v_0(1 + \alpha t) - v_0(1 + \alpha t_0)}{1 + \alpha t_0} = \frac{v_0\,\alpha(t - t_0)}{1 + \alpha t_0};$$

Soit, d'autre part, $Pf\,dz$ l'effort de frottement qui s'oppose au glissement ; on a alors la puissance correspondante perdue par frottement.

(1) $$dz = Pfg\,dt \quad \text{avec} \quad dt = R\,d\gamma ;$$

en désignant par S, la section de la courroie ; P, la

Digitized by Google

pression radiale ; t_1, t_2, t_0, les tensions unitaires et R, le rayon de la poulie, on a

$$P = S\frac{t_1 - mv^2}{R}ef\varphi$$

avec

$$m = \frac{M}{S}$$

et

$$t - t_0 = (t_1 - mv^2)\,ef\varphi - (t_0 - mv^2);$$

d'où, en substituant g et P dans l'expression (1), on trouve

$$dz = \frac{Sr_0\alpha f(t_1 - mv^2)}{1 + \alpha t_0}ef\varphi\left\{(t_1 - mv^2)ef\varphi - (t_0 - mv^2)\right\}d\varphi,$$

et la puissance moyenne perdue dans le passage sur la jante d'une poulie

$$Z_m = \frac{1}{\beta}\frac{Sr_0\alpha f}{(1 + \alpha t_0)}(t_1 - mv^2)\left[\int_0^{\varphi_0}(t_1 - mv^2)\,e^{2f\varphi}\,d\varphi + \int_\beta^{\varphi_0}(t_1 - mv^2)\,e^{2f\varphi}\,d\varphi - \int_0^{\varphi_0}(t_0 - mv^2)\,ef\varphi\,d\varphi - \int_\beta^{\varphi_0}(t_0 - mv^2)\,ef\varphi\,d\varphi\right];$$

d'où

$$Z_m = \frac{S.r_0.\alpha.f\,(t_1 - mv^2)^2}{\beta\,(1 + \alpha t_0)\,2f}\left[(e^{2f\varphi})_0^{\varphi_0} + e^{2f\varphi})_\beta^{\varphi_0}\right] - \frac{Sr_0\alpha f(t_1 - mv^2)(t_0 - mv^2)}{\beta\,(1 + \alpha t_0)f}\left[(ef\varphi)_0^{\varphi_0} + (ef\varphi)_\beta^{\varphi_0}\right],$$

ou

$$Z_m = \frac{Sr_0\alpha\,(t_1 - mv^2)^2}{2\beta\,(1 + \alpha t_0)}\left[2e^{2f\varphi_0} - 1 - e^{2f\beta}\right] - \frac{Sr_0\alpha\,(t_1 - mv^2)\,(t_0 - mv^2)}{\beta\,(1 + \alpha t_0)}\left[2ef\varphi_0 - 1 - ef\beta\right].$$

On peut écrire le premier terme du second membre de l'équation ci-dessus de la façon suivante, en appelant K le rapport $\frac{Sr_0\alpha}{\beta(1 + \alpha t_0)}$,

$$K\frac{(t_1 - mv^2)^2}{2}\left[(ef\varphi_0 + 1)(ef\varphi_0 - 1) - (e^{f\beta} + ef\varphi_0)(ef\beta - ef\varphi_0)\right].$$

Or

$$(t_1 - mv^2)\,(ef\varphi_0 - 1) = t_0 - t_1$$

et

$$(t_1 - mv^2)\,(ef\beta - ef\varphi_0) = t_2 - t_0.$$

donc ce terme devient

$$K\left[\frac{(t_1 - mv^2)(t_0 - t_1)(ef\varphi_0 + 1)}{2} - \frac{(t_1 - mv^2)(t_2 - t_0)(ef\beta - ef\varphi_0)}{2}\right]$$

avec

$$(t_1 - mv^2)\,(ef\varphi_0 + 1) = t_0 + t_1 - 2mv^2$$

et

$$(t_1 - mv^2)\,(ef\varphi_0 + ef\beta) = t_0 + t_2 - 2mv^2;$$

d'où le premier terme

$$K\frac{(t_0 - t_1)(t_0 + t_1 - 2mv^2) - (t_2 - t_0)(t_2 + t_0 - 2mv^2)}{2} = K\frac{(t_0 - t_1)(t_1 - t_2)}{2} = -\frac{(t_2 - t_1)^2}{4}K.$$

Le second terme peut s'écrire

$$K(t_1 - mv^2)(t_0 - mv^2)\left[(ef\varphi_0 - 1) - (ef\beta - ef\varphi_0)\right] = K(t_0 - mv^2)\left[(t_0 - t_1) - (t_2 - t_0)\right] = 0,$$

puisque

$$t_0 - t_1 = t_2 - t_0 = \frac{t_2 - t_1}{2};$$

d'où la puissance perdue moyenne

$$Z_m = \frac{Sr_0\alpha\,(t_2 - t_1)^2}{4\beta\,(1 + \alpha t_0)},$$

ou

$$Z_m = \frac{r_0\alpha P^2}{4\beta S(1 + \alpha t_0)} = \frac{2\pi RN\alpha P^2}{60.4.S\beta(1 + \alpha t_0)} = \frac{\pi N\alpha P^2 R}{120\beta.S(1 + \alpha t_0)}.$$

avec $P = \frac{75\,w}{v_0}$, où w est la puissance transmise en chevaux.

On a ainsi

$$Z_m = \frac{(75)^2 W^2\alpha}{4.\beta.SV_0^2(1 + \alpha t_0)}\ \text{kg-m par seconde,}$$

ou

$$Z_m = \frac{75\,W^2\alpha}{4.\beta Sr_0(1 + \alpha t_0)} = \frac{\pi N\alpha P^2 R}{120\beta.S.S.\beta(1 + \alpha t_0)}\ \text{chevaux.}$$

Le travail correspondant au passage de la longueur δ sur la poulie

$$\tau = \frac{R\beta}{\frac{2\pi N}{60}}Z_m = Z_m\frac{30\beta}{\pi N} = \frac{\alpha P^2 R}{4S(1 + \alpha t_0)}\ \text{kg-m.}$$

Digitized by Google

soit sensiblement

$$\tau = \frac{\alpha P^2 R}{4 S} \text{ kilogrammètres.}$$

D'après Bach :

PRESSION en kilogrammes par cm²	MODULE D'ÉLASTICITÉ E	ÉTAT DE LA COURROIE
7 à 20	2 660	courroies anciennes
20 à 34	3 610	
34 à 47	4 040	
47 à 61	4 216	
7 à 20	1 350	courroies neuves
20 à 30	1 890	

On peut donc prendre la valeur $\alpha = \frac{1}{2000}$ approximativement pour les tensions usuelles.

En substituant cette valeur dans l'expression de la puissance perdue, on obtient

$$Z_m = \frac{75 w^2 \alpha}{4 S \beta v_0} = \frac{v_0 P^2 \alpha}{300 S \beta} = \frac{\pi N \alpha P^2 R}{9000 S \beta} \text{ chevaux,}$$

où β est exprimé en radians ; R, en mètres ; w, en chevaux ; P (effort transmis), en kilogrammes ; v_0, en mètres par seconde ; S, en centimètres carrés ; N, en tours par minute et où α égale $\frac{1}{E} = \frac{1}{2000}$ environ.

D'où finalement la perte en centièmes de la puissance w transmise pour deux poulies égales devient

$$\frac{37{,}5 \alpha w\, 100}{S \beta v_0} = \frac{2{,}187{,}5 . w}{2000 . S \beta v_0};$$

soit sensiblement

$$\frac{2w}{S \beta v_0} \text{ centièmes.}$$

Ces pertes peuvent atteindre, pour les deux poulies, jusqu'à 0,5 pour 100 de la puissance transmise.

Dans le tableau ci-dessous, ces pertes sont calculées dans quelques cas particuliers.

R	PERTES en centièmes	VITESSE de la courroie en m : s	$k\beta$	S en cm²	w en chevaux
1	0,2	10	3	100	300
1	0,2	20	3	50	300
1	0,4	20	1,5	50	300

D'après ces chiffres, on voit que les pertes de cette nature sont loin d'être négligeables. Elles augmentent, toutes choses égales, avec l'effort transmis et la vitesse périphérique.

VI. **Pertes de puissance dues à la résistance à l'enroulement de la courroie.** — Si la courroie était parfaitement flexible, son enroulement sur les jantes de poulies ne nécessiterait aucun travail. En réalité, son enroulement provoque une perte additionnelle de puissance.

N'ayant en vue que le calcul de l'ordre de grandeur des pertes par enroulement, nous ne tiendrons compte ni de la variation des efforts élastiques dans la masse du cuir enroulé produits par la transmission de puissance, ni de la déformation et du déplacement de la fibre neutre. Nous nous contenterons d'admettre, en première approximation, que la section transversale de la courroie reste plane dans son passage sur la jante des poulies.

Nous supposerons donc la tension de pose de la courroie t_0 égale à 0 et la transmission tournant à vide.

Soit $L = R\beta$, la longueur de la courroie soumise à la flexion (fig. 8).

Une section de la courroie à la distance $L = R\beta$ à partir du point de contact avec la poulie a tourné d'un angle β sous l'action d'un couple de flexion.

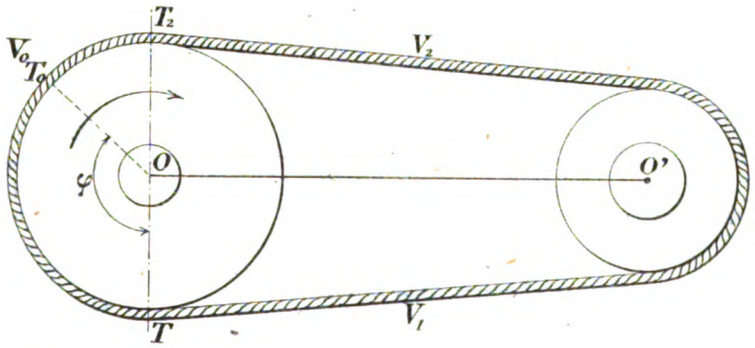


Fig. 8.

La tension élémentaire à la distance N de la fibre neutre est, dans cette section,

$$E \frac{\beta N}{L}$$

et son moment par rapport à la fibre neutre

$$E \frac{\beta N^2}{L}.$$

Le moment résultant pour toute la section sera

$$\int_0^{\frac{e}{2}} \frac{E \beta . c^2 \, dN}{L} = \frac{E \beta e^3}{24 . L},$$

où E désigne le module d'élasticité du cuir et e, l'épaisseur de la courroie.

Digitized by Google

D'où, enfin, le travail du couple pour une rotation d'un angle β est

$$\tau = 2\,\frac{E\beta^2 e^3}{24\,L}.$$

Le travail pour une courroie de largeur b sera égal à

$$\tau = \frac{E\beta^2 e^3 b}{12\,L},$$

en remplaçant eb par S et L par $R\,\beta$, on trouve finalement

$$\tau = \frac{ES\beta e^2}{12R} \text{ kilogrammètres},$$

où S est exprimé en centimètres carrés; e et R, en mètres et E, en kilogrammes par centimètre carré.

La puissance perdue se déduit de cette expression en remarquant que le travail ci-dessus a été effectué en un temps t, tel que

$$t = \frac{R\beta}{v} = \frac{R\beta 60}{2\pi RN};$$

d'où la puissance ϖ cherchée

$$\varpi = \frac{\tau}{t} = \frac{\pi E}{60}\,\frac{e^2 SN}{6R} \quad \text{kgm : s}$$

ou

$$\varpi = \frac{\pi E}{75.360}\,\frac{e^2 SN}{R} \quad \text{chevaux};$$

avec $E = 2000$,

$$\varpi = 0{,}23\,\frac{e^2 SN}{R} \quad \text{chevaux}.$$

Pour une courroie de 100 cm² de section et de 2 cm d'épaisseur s'enroulant sur une poulie de 1 m de rayon tournant à la vitesse de 250 t : mn, la puissance perdue est de l'ordre de 2 ch. Comme, dans ces conditions, la courroie est susceptible de transmettre une puissance de l'ordre de 750 ch, les pertes par enroulement peuvent atteindre de 0,2 à 0,3 pour 100 de la puissance transmise par la courroie.

D'après l'expression trouvée, on constate que les pertes par enroulement sont indépendantes de l'arc embrassé sur la poulie. Ces pertes augmentent proportionnellement au cube de l'épaisseur de la courroie et en raison inverse du rayon de la poulie.

D'autre part, la formule trouvée ne donne que l'ordre de grandeur des pertes, qui seront certainement supérieures en réalité à celles calculées étant donné qu'il n'a été tenu aucun compte, dans l'établissement de cette formule, de la variation de la tension dans le cuir ni de la déformation de ses fibres sous l'action de la pression qui les applique sur la jante des poulies.

VII. **Fatigue à l'enroulement.** — La formule précédente permet d'obtenir l'expression de la fatigue f en traction à l'enroulement seul de la courroie.

En effet, on a

$$\tau = \frac{fS\beta e^2}{12R} = f.Se\beta;$$

d'où la fatigue moyenne

$$f = \frac{Ee}{12R}, \text{ en kg : cm}^2$$

Pour une courroie simple d'épaisseur $e = 6$ mm et pour R exprimé en millimètres, on a

$$f = \frac{E}{2R} = \frac{1000}{R}.$$

MM. Getting et Jonas donnent, pour les courroies « Géji » chromées de leur fabrication, une fatigue à l'enroulement de 26 kg pour une poulie de 100 mm de diamètre et de 1,3 kg pour une poulie de 2 m de diamètre. Ce qui correspond à

$$f = \frac{1300}{R}.$$

Conclusion. — Quelque soin que l'on prenne dans l'établissement des transmissions par courroie, la somme des pertes de puissance inhérentes à ce genre de transmissions pourrait rarement descendre au-dessous de 5 pour 100. Quant aux transmissions par courroies mal établies, leurs pertes peuvent dépasser toutes prévisions et, en dehors de la dépense inutile d'énergie, entraîner l'usure rapide des coussinets, et produire des arrêts fréquents par usure de la courroie elle-même.

On voit tout l'intérêt qu'il y a à recourir à l'accouplement direct du moteur électrique partout où les circonstances le permettent et à éviter l'interposition de la courroie.

Il est à souhaiter une collaboration étroite de l'ingénieur électricien et du constructeur de machines mécaniques, collaboration ayant pour but de réduire l'emploi de transmissions par courroie en faisant du moteur électrique un des organes de la machine-outil elle-même; on pourra ainsi réduire au minimum l'encombrement de l'ensemble, simplifier les manœuvres, augmenter le rendement et diminuer les frais d'entretien.

D. Genkin,
Ingénieur E. S. E.

Digitized by Google

Procédé de construction de pylônes en béton armé

L'auteur présente un nouveau mode de construction de pylônes en béton armé, à l'aide d'éléments fabriqués en usine, en série et par conséquent à bon marché. Le coffrage étant entièrement exclu de cette construction, elle présente donc de grands avantages pour l'installation de lignes aériennes. On trouvera, dans cet article, un calcul montrant que les pylônes ainsi constitués satisfont aux instructions ministérielles concernant le béton armé.

Introduction. — Par suite du grand développement des transmissions d'énergie électrique à longue distance, les poteaux en bois primitivement employés sont vite devenus insuffisants pour réaliser des lignes durables, économiques, n'exigeant pas d'entretien et capables de résister aux fortes charges demandées par les longues portées et le grand nombre de fils. On a donc été amené à les remplacer par les pylônes métalliques et par les pylônes en béton armé.

Ce dernier, qui a rendu déjà de grands services dans de nombreux domaines, permet, en effet, la réalisation de types de pylônes, de toutes formes et de toutes grandeurs.

Les pylônes en treillis, du type classique des pylônes métalliques, s'imposent pour les grandes hauteurs, les gros efforts et les montages en pays accidentés ; leur facilité de démontage en plusieurs parties pouvant être boulonnées ou rivées à pied d'œuvre, sur le tas, les font encore préférer aux pylônes en béton armé. La raison est que si ceux-ci sont d'un entretien nul, leur construction est très fréquemment la source de sérieuses difficultés, pour leur transport, leur levage et dressage.

Les poteaux en béton armé actuellement en usage sont moulés généralement sur les chantiers et sont très rarement fabriqués en série.

Le transport n'est possible, en effet, que pour les pylônes de faibles hauteurs. Les grands pylônes devant être, par suite, coulés à l'endroit même de leur utilisation, sont d'un prix inabordable. On leur préfère, en conséquence, les pylônes métalliques.

Nouveaux pylônes. — On a pensé supprimer cet inconvénient en constituant les pylônes par des éléments séparés, moulés en série, dans un chantier où sont réunis tous les matériaux nécessaires à leur fabrication. Ces éléments, étant de faible volume, ne donnent lieu à aucune difficulté de transport.

De plus, on peut, avec ces éléments, construire des pylônes de toutes hauteurs, sans aucune difficulté, en les disposant, en nombre voulu, les uns au-dessus des autres.

Les pylônes sont ainsi constitués par un certain nombre d'éléments formant montants verticaux, reliés entre eux par des traverses horizontales ou inclinées, le tout formant monolithe et travaillant dans les mêmes conditions.

La construction de ces pylônes est très simple :

Dès que la fouille est terminée, on procède à la construction du massif de fondation en béton de ciment. Pendant le bétonnage, des aciers verticaux sont noyés dans le béton, leur emplacement étant soigneusement repéré. Ces aciers seront les armatures des montants verticaux. Le pylône a donc une assiette solide et stable.

Les montants sont constitués par les éléments mou-

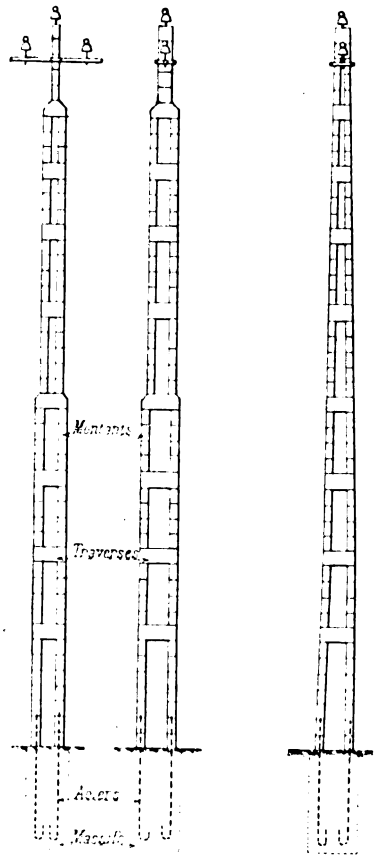


Fig. 1. — Pylône en béton armé construit à l'aide d'éléments.
Fig. 2. — Autre pylône de la même construction.

lés en série, ayant la forme d'une cornière, dont deux réunis forment un parallélipède. Les éléments sont assemblés sur le tas, et de telle façon que les armatures principales se trouvent enrobées à l'intérieur du vide constitué par les deux éléments (fig. 3) : ce vide est ensuite rempli de mortier de ciment, enrobant ainsi l'armature.

Digitized by Google

Les entretoises, disposées de place en place, réunissent les montants. Elles sont constituées par des dalles ou des traverses, moulées en série, s'assemblant avec les montants ; des armatures dépassantes, pré-

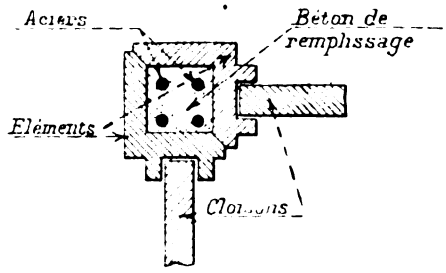


Fig. 3. — Coupe d'un montant montrant le principe de la construction. (Les cloisons ne sont employées que pour le cas de la figure 6.)

vues lors de leur confection, sont enroulées ou attachées autour ou après les armatures principales, de façon à solidariser toutes ces parties en formant un ensemble.

Le montage de ces pylônes est très simple et se fait, sans aucun coffrage, à l'aide d'un échafaudage volant.

La solidarisation entre les dalles en béton et le mortier coulé dans le vide qu'elles ménagent est parfaite ; des expériences faites sous le contrôle de divers laboratoires l'ont vérifié.

Mode de calcul. — La position des traverses étant obtenue (fig. 4) sur les faces les plus larges à

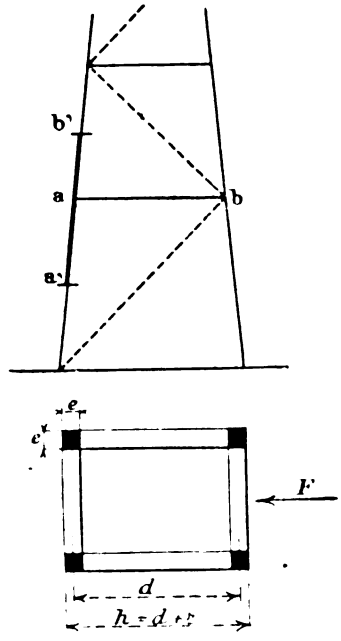


Fig. 4. — Schéma servant au calcul de la résistance du pylône aux différents efforts auxquels il est soumis.

l'aide de lignes à 45°, il est facile de voir que la longueur de chaque traverse ab de cette face est très sen

siblement égale à celle de la portion a' b' de la membrure correspondante : on en déduit, par suite, que l'on peut considérer la surface présentée au vent par les traverses comme sensiblement égale à la moitié de celle opposée par les montants, dans le cas où les traverses auront même largeur que les montants. On peut supposer aussi, pour la même raison, que le centre de pression de la surface totale des traverses coïncide avec celui des montants, et se trouve, par suite, à la même hauteur $\frac{H}{2}$.

D'autre part, si l'on consent à prévoir des largeurs de la petite face égales à 0,66 de celles de la grande, il sera facile d'évaluer la surface au vent de cette petite face, et d'en déduire, connaissant l'action du vent, le moment de renversement s'ajoutant à celui dû à la force F, effort de traction horizontal exercé en tête du pylône ; on suppose que les fils ou câbles, s'étant rompus d'un côté, le pylône est tiré par les fils restant en place.

Appelant e le côté de la section carrée des montants et des traverses, H la distance du sommet à la section considérée, on pourra établir approximativement l'effort tranchant T et le moment de renversement M relatifs à cette section, pour un effort dû au vent de 100 kg par mètre carré. On a ainsi :

Effet produit par :	Effort tranchant, T	Moment de renversement, M
Effort de tête...	F	$F \times H$
Vent sur les membrures..	$2\,eH \times 100$	$2\,eH \times 100 \times \frac{H}{2} = 100\,eH^2$
Vent sur les traverses	$0{,}66\,eH \times 100$	$0{,}66\,eH \times 100 \times \frac{H}{2} = 33\,eH^2$
Totaux ...	$F + 266\,eH$	$FH + 133\,eH^2$

Exemple de calcul rapide d'un pylône. — Appliquons ceci au calcul d'un pylône dont la hauteur au-dessus du sol est de 15 m et qui supporte à la partie supérieure un effort de 1 000 kg : avec $e = 0{,}15$ m, on aura

$$T = 1\,000 + 266 \times 0{,}15 \times 15 = 1\,600 \text{ kg.}$$

$$M = 15\,000 + 133 \times 0{,}15 \times 15^2 = 19\,500 \text{ m kg}$$

La section nécessaire pour l'armature (en acier) de chaque membrure w sera, pour une distance d'axe en axe $d = 1{,}50$ m,

$$w = \frac{19\,500}{2 \times 1{,}50 \times 12} = 540 \text{ mm}^2,$$

ce qui est obtenu par 5 aciers de 12 mm de diamètre (565 mm²).

Pour l'effort tranchant, il suffira de prévoir dans la traverse inférieure, en négligeant la résistance du béton au cisaillement, en appelant s la section des armatures transversales de la traverse, et remarquant que l'écartement des traverses est égal à d,

$$s = \frac{Td}{2d \times 9.6} = \frac{1\,600}{2 \times 9.6} = 84 \text{ mm}^2.$$

Digitized by Google

Mais en raison des moments subis par ces traverses, on devra prévoir 4 aciers de 12 mm de diamètre. Pour cette même raison, il a paru convenable de donner à ces traverses une section totale de 15 cm × 15 cm. On aurait, de même, pour un pylône présentant les caractéristiques

$$H = 10 \text{ m}, \quad T = 1\,400 \text{ kg}, \quad M = 12\,000 \text{ m-kg},$$

$$w = \frac{12\,000}{2 \times 1{,}10 \times 12} = 452 \text{ mm}^2,$$

section obtenue par 4 aciers ronds de 12 mm de diamètre.

La section du béton sera 12 cm × 12 cm.

Dans les traverses, l'armature serait formée de 4 aciers de 10 mm, avec une section de béton de 12 cm × 12 cm.

Enfin pour :

$$H = 5 \text{ m}, \quad T = 1\,200 \text{ kg}, \quad M = 5\,500 \text{ m-kg},$$

on arrive aux résultats :

$$w = \frac{5\,500}{2 \times 0{,}70 \times 12} = 328 \text{ mm}^2,$$

obtenus par 3 aciers ronds de 12 mm (339 mm²) et 1 acier rond de 6 mm de diamètre ($s = 28$ mm²). La section du béton serait de 10 cm × 10 cm.

Dans les traverses, on aurait 4 aciers ronds de 8 mm de diamètre avec une section du béton de 10 cm × 10 cm.

Observation des prescriptions légales. — Les conditions d'emploi du béton armé ont été fixées, en France, par la circulaire ministérielle du 20 octobre 1906 (1). Tous les calculs d'ouvrages en béton armé doivent en conséquence être vérifiés au moyen des formules données par cette circulaire; examinons donc si les nouveaux pylônes satisfont à ces conditions.

Les formules que nous avons à considérer dans notre cas portent, dans la circulaire, les numéros 18, 19, 20 et 21. Ce sont les suivantes :

$$0 = \frac{by^2}{2} + mw(y - d) - mw'(h - d' - y); \quad (18)$$

$$\frac{M}{K} = \frac{by^3}{6} + mw(y-d)d - mw'(h-d'-y)(h-d'); \quad (19)$$

$$R_b = Ky; \quad (20)$$

$$\left.\begin{aligned} R_a &= mK(y - d); \\ R'_a &= mK(h - d' - y); \end{aligned}\right\} \quad (21)$$

dans lesquelles H est la hauteur totale de la pièce (fig. 5); H', la hauteur utile au-dessus de l'axe des fers tendus; b, la largeur du béton dans la région comprimée; w, la section de l'armature de compression; d, sa distance à la face comprimée; R_a, la charge normale par centimètre carré de cette armature; w', la section de l'armature tendue; d', sa distance à la face voisine; R'_a, la traction à laquelle elle est soumise; K, le coefficient angulaire de la droite a' B' du diagramme des charges par rapport à a B, trace de la section; R_b, la charge maximum par centimètre carré du béton comprimé; y, la distance de la face comprimée à la fibre neutre; $y' = H' - y$, la distance de l'axe de l'armature tendue à la fibre neutre; h, le bras de levier du couple élastique; F, la force entrant dans la composition de ce couple élastique.

Ces formules deviennent, dans le cas présent, en appelant e le côté de la membrure, et $w = w'$ la section des armatures d'une membrure :

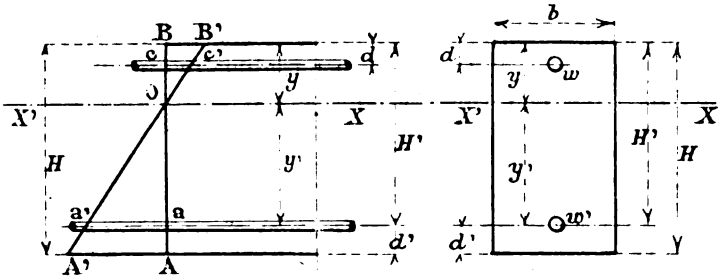


Fig. 5. — Notation correspondant aux formules de la circulaire ministérielle concernant la construction des ouvrages en béton armé.

$$0 = 2e^2\left(y - \frac{e}{2}\right) - 2mw(d + e - 2y), \quad (18)$$

où $d + e$ est égal à la hauteur totale h d'une traverse

$$\frac{100M}{K} = -2e^3\left(\frac{y}{2} - \frac{e}{3}\right) + 2mw\left[\left(d + \frac{e}{2}\right)^2 + \frac{e^2}{4} - (d+e)y\right], \quad (19)$$

$$\frac{R_b}{y} = \frac{R'_a}{m\left(d + \frac{e}{2} - y\right)} = K. \quad (20 \text{ et } 21)$$

1° *Calculs relatifs aux efforts dans le sens de l'effort de tête F.* — Faisons successivement dans ces formules $H = 15$ m, 10 et 5 m, après avoir déduit de (18)

$$y = \frac{e^2 + 2mw(d + e)}{2e^2 + 4mw}. \quad (18')$$

On a avec $H = 15$ m,

$$w = w' = 5{,}65 \text{ cm}^2,$$

$$h = d + e = 1{,}65 \text{ m}$$

$$M = 19\,500 \text{ m-kg},$$

$$y = 0{,}40 \text{ m},$$

(1) Cette circulaire est reproduite intégralement dans le « Cours de béton armé » de M. Espitalier, édité par la librairie de l'Enseignement technique, 3, rue Thénard, Paris.

Digitized by Google

de la formule (19) on tire

$$K = 55\ (^1)$$

et par suite,

$$R_b = 65 \times 0{,}40 = 26\ \text{kg : cm}^2,\quad R'_a = 1\,145\ \text{kg : cm}^2.$$

Nous trouvons de même, pour $H = 10$ m

$$R_b = 25{,}4\ \text{kg : cm}^3 \qquad R'_a = 1\,200\ \text{kg : cm}^2,$$

et pour $H = 5$ m

$$R_b = 22{,}8\ \text{kg : cm}^2 \qquad R'_a = 1\,055\ \text{kg : cm}^2.$$

Ces nombres sont admissibles puisque la charge de sécurité d'un béton formé de 300 kg de ciment, 400 l de sable et 800 l de gravier est, par centimètre carré, de 44,8 kg et que, d'autre part, la charge de sécurité de l'acier est 1 200 kg : cm².

2° *Calculs relatifs aux efforts dans le sens perpendiculaire au précédent.* — On n'a plus ici à tenir compte de F, mais le vent agit sur la face la plus large et, d'autre part, le bras de levier de la section résistante n'est plus que les 66 centièmes du précédent.

Se reportant aux évaluations approximatives exposées plus haut, les efforts tranchants et les moments de renversement seront :

	Efforts tranchants.	Moment de renversement.
Vent sur les membrures,..	$2 \times 100\ e\ H$	$100\ e\ H^2$
Vent sur les traverses.....	$100\ e\ H$	$50\ e\ H^2$
Au total.....	$300\ e\ H$	$150\ e\ H^2$

ce qui nous donne pour

	T	M
H : 15 m,	675 kg,	5 063 m-kg,
10 m,	450 kg,	2 250 m-kg,
5 m,	225 kg,	563 m-kg.

Un calcul absolument analogue à celui que nous avons fait au 1° montre que les valeurs R_b et R'_a déduites de ces nouvelles valeurs sont également admissibles.

Remarque. — Ces calculs conduisent, d'autre part, à enfoncer le pylône dans le sol d'une profondeur d'environ 2,5 m ; l'armature de chaque membrure est alors encastrée dans une masse de béton, formant semelle et contrepoids, s'opposant au moment de renversement du pylône.

(1) Il faut remarquer que K n'est pas un simple coefficient numérique ; il représente ici une charge par centimètre carré divisée par une longueur.

Conclusion. — Les calculs qui précèdent montrent que les pylônes ainsi construits satisfont aux mêmes conditions de résistance mécanique que les pylônes construits à pied d'œuvre selon les procédés ordinaires. La construction au moyen d'éléments interchangeables est, en outre, plus économique puisque ces éléments sont faits en usine et en série. Une seule presse permet en effet de faire les trois éléments pour pylônes et d'obtenir en dix heures, avec un personnel de 3 hommes, environ 1 500 ou 2 000 éléments (suivant le type) ; or il ne faut que 5 éléments de 20 cm par mètre courant de membrure, ce qui correspond à 20 éléments par mètre courant de pylône à 4 montants.

Il est à remarquer que les mêmes éléments rentrent dans la composition des pylônes de différents modèles (pylônes de ligne, d'angle, de traversées) ainsi que

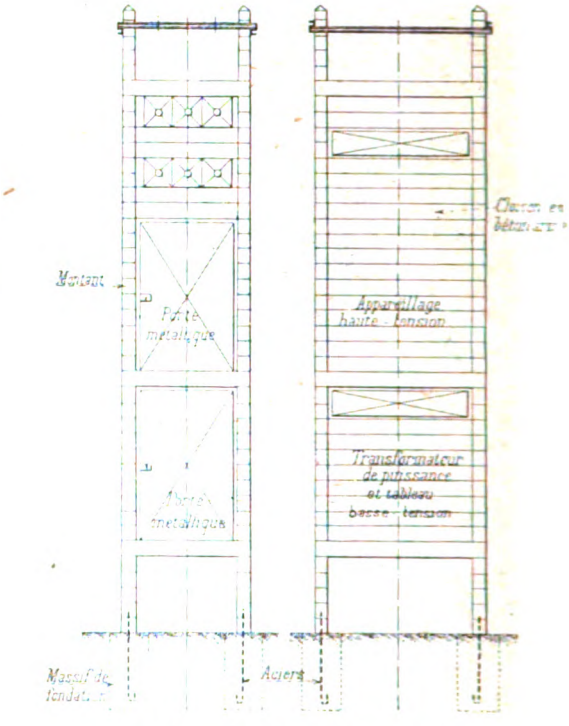


Fig. 6. — Poste de transformation construit sur le même principe que les pylônes précédents.

dans celle de postes de transformations (fig. 5) et de cabines pour abriter le matériel électrique. Signalons, enfin, que les accidents pendant la construction ont une importance très réduite puisqu'ils n'ont comme conséquence que le remplacement d'éléments de très faible valeur.

E. Maréchal,
Membre de la Société
des Ingénieurs civils de France.

Digitized by Google

Revues, analyses et informations

L'aménagement des forces motrices hydrauliques en France et la construction des lignes de transmission d'énergie électrique à haute tension.

Du rapport fait par M. Alexandre Varenne, député, sur le projet de budget du Ministère des Travaux publics, publié au « Journal officiel » du 15 novembre 1922, pages 1830 à 1852 des « Documents parlementaires, Chambre », nous détachons les passages suivants.

Aménagement des forces motrices hydrauliques. — Cet aménagement est opéré dans les conditions déterminées par la loi du 16 octobre 1919. L'administration poursuit, en outre, la réalisation de trois grands projets d'intérêt national :

L'aménagement du Rhône au triple point de vue des forces hydrauliques, de la navigation et des irrigations, sanctionné par la loi du 27 mai 1921 ;

L'aménagement de la Haute-Dordogne, concédé à la Compagnie du Chemin de fer d'Orléans pour les besoins de l'électrification de son réseau par l'article 133 de la loi de finances du 31 juillet 1920 et les décrets du 11 mars 1921 ;

L'aménagement des forces hydrauliques du Rhin, en vertu des droits que nous confère l'article 358 du traité de Versailles.

En dehors de ces aménagements de très grande envergure : Rhône, Haute-Dordogne et Dordogne moyenne, Rhin, dont l'étude est en cours, le ministre des Travaux publics a reçu, depuis le début de l'année, 36 demandes de concessions nouvelles, actuellement à l'instruction ; pendant cette même période, 5 décrets de concession ont paru (la Chartreuse-de-Vaucluse, Cize-Bolozon, la Bourélie, Saint-Point-Remoray, Eguzon).

L'administration fait, en même temps, tous ses efforts pour encourager la création de réservoirs régulateurs et l'utilisation de l'énergie des marées. Le crédit de 4 millions de francs inscrit au budget pour subventions ou avances en 1922 doit être affecté en partie à l'entreprise chargée de la construction du barrage du Chambon (Romanche) et pour le surplus employé aux premières avances à faire à l'entreprise marémotrice de l'Aber-Wrac'h, si le vote du Parlement relatif à ces projets intervient en temps utile.

Lignes de transmission a haute tension. — Les réseaux de distribution d'énergie électrique se développent rapidement. Une vingtaine de demandes de concession ont été présentées depuis le début de 1922. Quant aux grands réseaux de transmission d'énergie électrique, leur situation est la suivante :

La ligne à 120 000 v de Beaumont-Monteux à Saint-Etienne, concédée il y a un an, fonctionne actuellement.

Le réseau électrique d'Etat des régions libérées, dont l'établissement a été autorisé par la loi du 11 août 1920, est en construction et fonctionne déjà dans certaines de ses parties.

Sont terminées :

a) Les lignes à 120 000 v (fonctionnant provisoirement à 65 000 v) Vincey-la Neuveville-devant-Nancy-Landres ;

b) La ligne à 65 000 v Conflans-Amanvillers ;

c) Les lignes à 45 000 v Hirson-Launois-Mohon, Reims-Launois, Reims-Laon-Hirson-Beautor-Laon-Jeumont-Fourmies-Hirson.

Valenciennes (Jeumont-Douai-Cambrai-Lille).

Beuvry-Bully-Pont-à-Vendin-Lille ;

d) La ligne à 30 000 v Epernay-Reims.

Sont en construction :

a) La ligne à 120 000 v Landres-Mohon ;

b) La ligne à 65 000 v, Conflans-Landres ;

c) La ligne à 45 000 v Marquette-Commines.

Le réseau à 150 000 v de transmission d'énergie des Pyrénées pour l'électrification des Chemins de fer du Midi est en construction. Les lignes reliant Toulouse, Lannemezan, Pau, Dax et Bordeaux seront terminées avant la fin de l'année. Les formalités administratives sont déjà très avancées — et il est probable que le décret de concession paraîtra également vers la fin de l'année.

La demande de concession de la transmission d'énergie à 120 000 v du Centre qui intéresse les départements de l'Allier, de l'Ardèche, de l'Aveyron, du Cantal, de l'Isère, de la Loire, de la Haute-Loire, de la Corrèze, du Puy-de-Dôme et du Rhône, et la demande de concession du réseau à 120 000 v de la S. T. E. D. A. qui intéresse les départements de l'Ain, de l'Ardèche, de la Drôme, de l'Isère, du Jura, de la Loire, du Rhône, de la Savoie, de la Haute-Savoie, sont, au point de vue administratif, très avancées, et les décrets de concession les concernant interviendront probablement avant la fin de l'année.

Enfin, la Compagnie du Chemin de fer de Paris à Orléans vient de présenter une demande de concession pour une ligne à 150 000 v allant d'Eguzon à Paris par Orléans-Vierzon.

Plusieurs nouvelles demandes de concession peuvent être considérées comme devant être prochainement présentées ; en particulier :

Celle du réseau à 60 000 v de la Compagnie des Chemins de fer du Midi :

Celle des lignes à 150 000 v Vernéjoux-Eguzon, Vernéjoux-Limoges-Eguzon, Vernéjoux-Montluçon-Orléans.

La réalisation des grands réseaux électriques de transmission à haute tension se trouve donc en bonne voie. Il convient d'ajouter que le vote de la loi du 19 juillet 1922 permettra d'assurer une liaison entre les grandes artères concédées et de réaliser entre les différentes entreprises l'unité de direction, l'entente et la volonté de collaboration nécessaire pour retirer de l'ensemble des organismes de transmission d'énergie électrique le rendement maximum.

Circuits fantômes téléphoniques et circuits télégraphiques et téléphoniques combinés fonctionnant à des fréquences acoustiques (1).

Le problème de l'utilisation des circuits télégraphiques et téléphoniques pour transmettre deux ou plusieurs communications électriques simultanées sur un circuit, sans interférence mutuelle, est le problème le plus intéressant de la télégraphie et de la téléphonie et celui qui, depuis long-

(1) J.-G. Hill. *Journal of the Institution of Electrical Engineers*, juin 1922, t. LX, p. 675-705, 33600 mots, 17 fig.

Digitized by Google

temps, retient l'attention des chercheurs. Les méthodes employées jusqu'à présent peuvent se diviser en deux classes :

1° La méthode d'impédance permettant de combiner la télégraphie et la téléphonie sur le même fil ou sur les mêmes fils ;

2° La méthode équipotentielle permettant d'assurer des communications télégraphiques et téléphoniques simultanées sur les mêmes fils, et pouvant être appliquée à l'équilibrage des circuits téléphoniques à relais.

I. Méthode d'impédance. — Cette méthode est due à un ingénieur belge, Van Rysselberghe (1882). Elle utilise les différences d'impédance des bobines de self-induction et des condensateurs, selon que l'on emploie des courants à haute ou à basse fréquence. Or, il y a une différence fondamentale, au point de vue fréquence, entre les signaux télégraphiques Morse et les courants téléphoniques dus à la parole

Dans le code Morse, en effet, les signaux consistent en points et traits ; dans la manipulation à la main, à la vitesse normale de 30 mots par minute, un point a une durée de 1/12 seconde.

Les tensions et intensités produites dans un circuit téléphonique par la parole sont supposées varier de façon harmonique simple. La voix couvre un très large intervalle de fréquences variant, par exemple, entre 100 et 2500 p : s ; la fréquence moyenne sera supposée de 800 p : s, dans la suite de notre exposé.

Le principe de la méthode est le suivant :

Si un condensateur de capacité suffisante (5 μF par exemple) est placé en série avec un récepteur téléphonique, dans un circuit ordinaire téléphonique, l'atténuation des courants de voix due au condensateur est si faible qu'elle est à peine perceptible à l'oreille. L'impédance du condensateur pour les courants de très basse fréquence est, au contraire, très élevée. D'autre part, si l'on place sur une ligne télégraphique une impédance inductive convenable, la vitesse des signaux télégraphiques est diminuée, mais il est encore possible de travailler à la vitesse de manipulation manuelle sur le circuit télégraphique. Outre ces actions directes dans les circuits télégraphiques et téléphoniques, il faut prendre en considération les actions mutuelles de chaque circuit. La réduction de vitesse des signaux télégraphiques réduit en même temps la tendance normale qu'ont ces signaux de gêner le fonctionnement des appareils téléphoniques : les signaux perturbateurs, en effet, varient d'intensité proportionnellement à la rapidité des variations de tension aux bornes du condensateur. Le dispositif retardateur, dans le circuit télégraphique, offre, d'autre part, une impédance très élevée aux courants téléphoniques pour la fréquence moyenne de la voix, et cette impédance élevée facilite la transmission de la parole en réduisant les pertes de transmission dues aux appareils télégraphiques agissant comme shunt pour les courants de voix. Enfin, l'effet perturbateur des courants de voix sur les appareils télégraphiques ordinaires Morse est absolument négligeable.

Le système Van Rysselberghe, décrit par l'auteur, utilise le principe que nous venons sommairement d'exposer. Une impédance inductive élevée RL est placée sur la ligne télégraphique et un condensateur C est inséré dans la ligne téléphonique. Les deux groupes d'appareils sont placés en parallèle, comme le montre la figure 1.

L'auteur étudie de près l'effet, dans un tel système, de l'impédance inductive et de la capacité, afin de vérifier dans quelle mesure les signaux télégraphiques retardés causent la perturbation dans les appareils téléphoniques et, ensuite, comment ce retard peut affecter les signaux télégraphiques eux-mêmes.

Dans les circuits commerciaux téléphoniques et télégraphiques combinés, la disposition des appareils est très complexe ; en outre, l'action électrique est matériellement compliquée par le fait que la perméabilité des noyaux de fer et

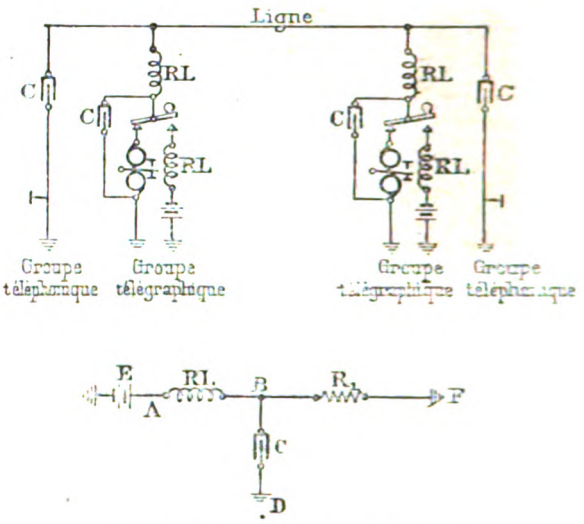


Fig. 1. — Schéma du dispositif Van Rysselberghe pour combiner la télégraphie et la téléphonie sur le même fil. — Fig. 2. Circuit simple pour l'étude théorique des circuits combinés.

les résistances effectives des appareils télégraphiques en circuit varient avec les différentes intensités de courant. Aussi, préfère-t-on se baser sur l'expérience plutôt que sur le calcul pour déterminer les valeurs les plus appropriées de l'inductance et de la capacité nécessaires. L'effet fondamental théorique des dispositifs introduits peut, par contre, être étudié avec avantage au point de vue mathématique, dans le circuit relativement simple de la figure 2.

Après cette étude mathématique, l'auteur vérifie l'effet des dispositifs retardateurs sur la vitesse des signaux télégraphiques dans les circuits aériens. Considérons, par exemple, un circuit Morse Wheatstone à ligne aérienne Il serait possible, dans les conditions les plus favorables, d'atteindre une vitesse de 600 mots à la minute, mais on préfère travailler à une vitesse qui puisse être maintenue aisément, même dans les circonstances les plus défavorables, c'est-à-dire à 200 mots par minute en moyenne. Cela équivaut à 80 points par seconde, de sorte qu'un signal ne dure que 1/80 de seconde. Or, comme le montre l'auteur, la tension dans ce cas ne s'élève qu'au tiers de sa valeur maximum, et il serait impossible d'ajouter un fort retard dans un tel circuit. En pratique, si l'on tient compte du retard nécessaire pour réduire suffisamment le bruit dans le téléphone pour que l'audition soit possible, et de la nécessité de maintenir la tension du circuit télégraphique aussi faible que possible pour la même raison, l'expérience montre que l'on ne peut pas obtenir, dans les circonstances favorables, plus de 60 mots à la minute sur une ligne aérienne fonctionnant en duplex. N'oublions pas, en outre, qu'une trop forte inductance dans le dispositif retardateur des signaux télégraphiques peut faire « coller » les signaux. En fait, pour assurer une marge de sécurité suffisante, le système Van Rysselberghe n'est exploité qu'à la vitesse de manipulation

Digitized by Google

manuelle. Des filtres électriques, comme le montre l'auteur à la fin de l'article, pourront être employés pour arrêter les courants perturbateurs de fréquence plus élevée.

Il faut également signaler que l'introduction du dispositif retardateur entraîne des difficultés pour l'équilibrage des circuits télégraphiques duplex, par suite de la nécessité d'équilibrer, dans le circuit de compensation duplex, les effets de retard ajoutés à la ligne. On a constaté que, si les enroulements de la bobine de retard sont faits de façon à se contrarier les uns les autres, l'équilibrage sera beaucoup plus facile et le circuit téléphonique pourra encore cependant fonctionner. La meilleure position pour la bobine de retard dans les circuits duplex se trouve sur le conducteur commun à la ligne et au circuit de compensation.

Les signaux télégraphiques ont une périodicité élevée, la forme de l'onde étant d'ailleurs généralement très compliquée. Un signal Morse a une faible périodicité, et l'on pourra profiter de ce fait pour accorder un appareil anti-inductif, de façon à éliminer ou réduire les perturbations inductives dans une zone donnée de fréquences, à condition que la fréquence des perturbations soit suffisamment élevée.

Ces quelques remarques suffisent à montrer les limites du système combiné de télégraphie et de téléphonie que nous venons de décrire.

La magnéto ordinaire employée en téléphonie est à basse fréquence — 17 p : s — et peut donc interférer avec les apppareils télégraphiques ; pour cette raison, il est préférable d'employer une fréquence plus élevée pour les signaux d'appel téléphoniques. La meilleure fréquence est celle qui est suffisamment élevée pour éviter toute interférence avec les appareils télégraphiques et, qui, en même temps, suffit à actionner le type de relais sensible employé. Il ne faudra pas adopter une fréquence trop élevée, car on augmenterait en même temps les effets perturbateurs sur les autres circuits ; en général, une fréquence de 150 p : s suffira. Le courant d'appel sera engendré par un type quelconque d'interrupteur ou de vibrateur. Le dispositif récepteur pourra être un récepteur téléphonique quelconque ou un relais vibrant accordé à la fréquence de transmission et mettant en action un signal d'appel. L'appareil récepteur devra être construit de façon à ne pas répondre aux signaux télégraphiques.

Depuis Van Rysselberghe, d'autres inventeurs ont cherché à produire le même résultat par des moyens différents (système Phonopore et système Turchi-Bruné). L'auteur décrit également un dispositif permettant d'utiliser les deux fils d'un circuit à double fil pour former deux circuits duplex.

II. Méthode équipotentielle. — La méthode équipotentielle est actuellement très en faveur. Le premier brevet pris en Angleterre pour l'utilisation de cette méthode remonte à 1882 (brevet E. Jacob).

L'auteur étudie en détail les problèmes que soulève l'utilisation des circuits fantômes pupinisés et munis d'amplificateurs. Le principe du circuit fantôme est le suivant : lorsqu'il existe déjà deux circuits téléphoniques entre deux localités, on peut les combiner entre eux de façon à réaliser, sans poser des fils nouveaux, un troisième circuit appelé circuit fantôme. Le procédé consiste à monter chacun des deux circuits combinants sur un transformateur à quatre enroulements bien équilibrés.

La figure 3 représente un exemple du système,

Le principe du circuit fantôme peut d'ailleurs être encore étendu en combinant deux circuits à quatre fils, de la même manière que l'on a combiné les deux circuits à deux fils. On peut continuer ainsi à employer 16, 32 fils..., mais, en pratique, les circuits fantômes employés actuellement sont limités à quatre fils.

Les transformateurs ont un rapport de transformation égal à l'unité et ils doivent avoir un rendement aussi élevé que possible pour les fréquences téléphoniques. Leur circuit magnétique est fermé et constitué par un tore de fils de fer

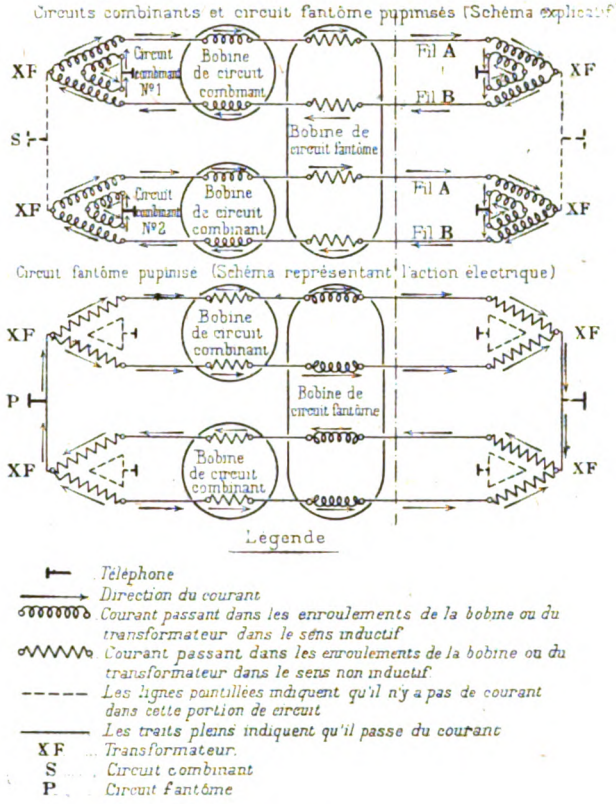


Fig. 3.

au silicium ayant à la fois une perméabilité et une résistivité élevées.

Les bobines de pupinisation doivent être aussi espacées que possible pour obtenir une inductance moyenne donnée par kilomètre, mais on démontre que, lorsque l'écartement est grand, les fréquences supérieures qui entrent dans la composition de la voix sont arrêtées, et qu'au delà d'une certaine limite la voix devient indistincte. A cause de la nature non déterminée des fréquences qui entrent dans la voix, il est nécessaire de faire des expériences pour déterminer l'écartement maximum possible. La règle adoptée en Angleterre est exprimée par la formule :

$$CDL = 25$$

où C est la capacité du circuit en microfarads par « mile » (1 609 m) ; D, la distance en « miles » séparant les bobines, et L, l'inductance de la bobine de pupinisation en millihenrys. Cette règle s'applique aux circuits dont la longueur ne dépasse pas 350 miles environ (560 km). Au delà de cette distance, les fréquences supérieures sont trop atténuées, de sorte qu'il faut réduire l'inductance si C et D restent les mêmes.

Digitized by Google

Dans certains cas, surtout lorsqu'on utilise une amplification de la parole relativement considérable, les fréquences supérieures non équilibrées, c'est-à-dire sur lesquelles le réseau d'impédances d'équilibrage n'a pas d'influence, peuvent faire naître des oscillations dans les répéteurs téléphoniques. Dans ce cas, il faut employer des filtres pour arrêter les fréquences dont on peut se dispenser sans distorsion appréciable de la voix.

Ces filtres sont également très utiles pour la téléphonie et la télégraphie à haute fréquence avec fils. L'auteur a donc jugé intéressant de donner une méthode relativement simple de calcul de ces filtres, méthode qui peut d'ailleurs s'appliquer d'une façon générale aux circuits artificiels.

En résumé, la combinaison de circuits téléphoniques pupinisés et d'amplificateurs thermoioniques, a rendu possible l'établissement de communications téléphoniques à grande distance, en utilisant des conducteurs de faible diamètre dans des câbles souterrains refermant un grand nombre de circuits. Les circuits téléphoniques aériens sont donc appelés à disparaître plus ou moins rapidement. — G. M.

Danger de toucher les ampoules malpropres (1).

Un accident mortel survenu à Vienne, en mai 1920, a montré que, contrairement à l'opinion courante, il y a danger à toucher même le verre d'une lampe électrique, pour peu qu'elle ne soit pas tenue en bon état de propreté. Une femme vaquant, pieds nus, à des travaux de nettoyage dans une chambre qui venait d'être blanchie à la chaux, ayant touché l'ampoule d'une lampe électrique avec des mains humides a été électrocutée. Cette lampe était alimentée par du courant alternatif à 220 v; la douille était parfaitement protégée par un anneau de porcelaine et il était impossible que la main entrât en contact direct avec la douille. Une éclaboussure de lait de chaux partant du métal et descendant le long du verre sur une longueur de 3 cm environ et une largeur qui ne dépassait pas 2 à 3 mm, pouvait seule avoir servi de conducteur.

A la suite de ce fait, le professeur Jellinek a entrepris de déterminer dans quelles conditions un peu de lait de chaux ou quelque autre substance adhérant au verre sont susceptibles de produire des accidents semblables : sur l'ampoule d'une lampe électrique, à partir de la douille jusqu'à la pointe, on traça un trait extrêmement fin à l'aide d'un pinceau trempé dans du lait de chaux, par exemple. La douille communiquait avec l'un des pôles d'un générateur à courant continu de 220 v ; l'autre pôle était relié à travers un voltmètre avec le trait, le contact étant pris d'abord sur la pointe de l'ampoule, puis en des points de plus plus rapprochés de la douille. On notait les indications correspondantes du voltmètre. Ces mesures répétées avec différentes substances, ont fourni les résultats représentés par la figure 1. Les distances entre le point de contact et la douille sont portées en abscisses ; les indications du voltmètre, en ordonnées. Les courbes numérotées 1, 2, 3, 4, 5, 7, 8, 9 et 10 se rapportent respectivement aux mesures faites avec de l'urine fraîche, une solution de savon à la potasse, de l'eau de chaux, une solution de sel de cuisine, du vin, une solution de savon à la soude, de l'eau potable ordinaire, de l'eau distillée, de l'alcool à 90°.

(1) Stefan Jellinek. *Elektrotechnische Zeitschrift*, 15 juin 1922, t. XLIII, p. 815-817, 3 000 mots, 4 figures.

On voit que c'est pour l'urine fraîche que la valeur initiale de la tension est la plus élevée (76 v). Ce fait mérite d'être retenu, car la sueur que nos mains déposent sur les ampoules a une composition voisine de celle de l'urine. Remarquons, en outre, l'ascension rapide de la courbe du lait de chaux. La tension observée est déjà de 132 v à 40 mm de la douille.

Ces mesures ont été répétées dans différentes conditions. Elles ont toujours conduit aux mêmes résultats généraux, à savoir que certains liquides présentent encore, à des distances notables de la douille, même lorsqu'ils sont étendus en coulées très fines, des tensions relativement élevées et rendent l'ampoule dangereuse à toucher.

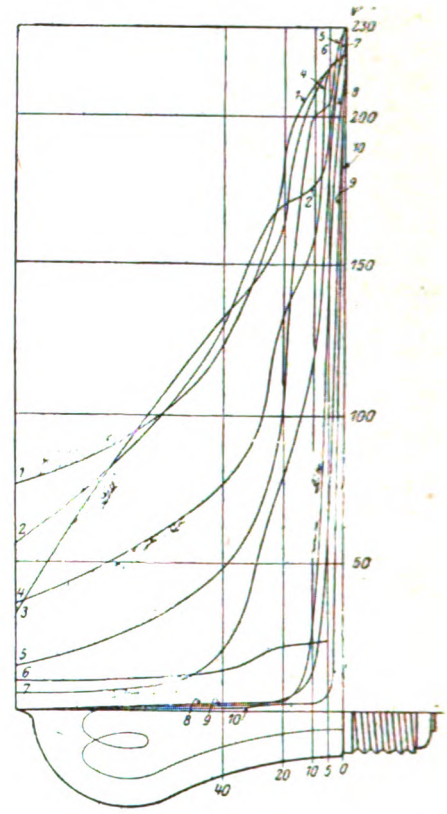


Fig. 1. — Conductibilité électrique d'une ampoule à verre transparent, suspendue verticalement et recouverte d'un liquide. 1, urine fraîche; 2, solution de savon à la potasse: 3, eau de chaux; 4, solution de sel de cuisine; 5, vin; 7, solution de savon à la soude; 8, eau potable ordinaire; 9, eau distillée; 10, alcool à 90°

Naturellement, ces liquides auraient fourni, après évaporation, des tensions beaucoup moins élevées. On a, d'ailleurs, observé dans ce cas les déviations progressivement décroissantes du voltmètre et qui devenaient pratiquement nulles lorsque l'évaporation était complète. Mais, dès que de la vapeur d'eau arrivait au contact de l'ampoule, la tension remontait ; l'haleine d'un homme suffisait à l'accroître d'une trentaine de volts. Le danger subsiste donc encore en partie lorsque les matières répandues sur le verre de la lampe sont sèches.

Digitized by Google

SECTION ÉCONOMIQUE & FINANCIÈRE

Assemblées générales

Union d'Électricité.

ASSEMBLÉE GÉNÉRALE EXTRAORDINAIRE DU 27 NOVEMBRE 1922.

Usant des pouvoirs qui lui ont été conférés par les résolutions de l'assemblée générale extraordinaire du 24 juin 1922, le Conseil d'administration a procédé à l'émission de 100000 actions nouvelles de 250 fr correspondant à une augmentation du capital de l'Union d'Electricité de 25000000 fr.

Les actions ont été émises à 265 fr, jouissance 1er janvier 1922, de manière à permettre leur entière assimilation aux actions anciennes.

L'opération s'est effectuée avec un plein succès.

La déclaration de souscription et de versement a été faite suivant acte reçu par Me Moyne, notaire à Paris, le 14 novembre 1922.

La présente réunion a pour objet de reconnaître la sincérité de cette déclaration, et de constater que, par suite de l'émission des nouvelles actions, le capital de la société se trouve porté à 150000000 fr; l'article 6 des statuts est modifié en conséquence.

Les résolutions suivantes ont été votées à l'unanimité :

Première résolution. — L'assemblée générale, après en avoir pris connaissance et les avoir vérifiées, reconnaît sincères et véritables la déclaration faite suivant acte reçu par Me Moyne, notaire à Paris, le 14 novembre 1922, ainsi que les pièces à l'appui de cette déclaration.

En conséquence, l'augmentation de capital de 25000000 fr dont il s'agit est définitivement réalisée et le capital de la société se trouve porté à 150000000 fr.

Deuxième résolution. — L'assemblée générale, par suite et comme conséquence de la précédente résolution, décide de supprimer la rédaction actuelle de l'article 6 des statuts et de la remplacer par la rédaction ci-après, savoir :

ART. 6. — Le capital social est fixé à 150000000 fr.

Il est divisé en 600000 actions de 250 fr chacune, dont :

I. — 100000 actions entièrement libérées représentent le capital social tel qu'il résulte de la décision de l'assemblée générale extraordinaire du 30 septembre 1919 et se composent elles-mêmes de :

48000 actions représentant ce qui est resté, après la réduction du capital social opérée par l'assemblée générale extraordinaire du 25 août 1919.

9600 actions remises à l'Union française d'Electricité en représentation de ses apports suivant actes des 14 et 18 août 1919.

Et 42400 actions représentant l'augmentation de capital résultant de la décision de l'assemblée générale extraordinaire du 30 septembre 1919.

II. — 40000 entièrement libérées ont été attribuées en rémunération partielle d'apports en nature faits à la société par la Société « Energie électrique de la Région parisienne », comme conséquence de l'absorption de la première par la seconde desdites sociétés, aux termes d'un acte sous seings privés du 19 décembre 1919.

III. — 48000 entièrement libérées ont été attribuées en rémunération partielle d'apports en nature faits à la société par la Société « Le Triphasé » (Nord-Lumière) aux termes d'un acte sous seings privés en date du 19 décembre 1919, déposé au rang des minutes de Me Moyne, notaire à Paris, suivant acte reçu par ledit Me Moyne les 7 et 9 janvier 1920.

IV. — 20000 entièrement libérées ont été attribuées en rémunération partielle d'apports en nature faits à la société par la Société « Est-Lumière » (Compagnie d'Electricité de l'Est-Parisien), suivant contrat passé devant Me Moyne et Me Grange, notaires à Paris, les 18 et 19 décembre 1919.

V. — 48000 entièrement libérées ont été attribuées, en rémunération partielle d'apports en nature faits à la société par la Société « Ouest-Lumière » (Compagnie d'Electricité de l'Ouest parisien) suivant contrat passé devant les mêmes notaires le 19 décembre 1919.

VI. — 3200 entièrement libérées ont été attribuées en rémunération partielle d'apports en nature faits à la société par la Société « Compagnie du Secteur électrique de la Rive gauche de Paris », aux termes d'un acte sous signatures privées en date du 17 décembre 1919 déposé au rang des minutes de Me Moyne, notaire à Paris, suivant acte de dépôt dressé par ce notaire, le 9 janvier 1920.

Ces 159200 actions ont été créées à titre d'augmentation du capital social par une assemblée générale extraordinaire en date du 20 décembre 1919, laquelle augmentation a été réalisée définitivement par une assemblée générale en date du 17 janvier 1920.

VII. — 240800 actions émises contre espèces et souscrites représentent une nouvelle augmentation de capital décidée aux termes des délibérations de deux assemblées générales extraordinaires, en date des 20 décembre 1919 et 28 janvier 1920 et réalisée définitivement par une assemblée générale extraordinaire en date du 10 avril 1920.

VIII. — 100000 actions émises contre espèces et souscrites représentent une première tranche de 25000000 fr sur l'augmentation de capital de 75000000 fr autorisée aux termes d'une assemblée générale extraordinaire en date du 24 juin 1922 et réalisée définitivement par une assemblée générale extraordinaire en date du 27 novembre 1922.

Electricité et Gaz du Nord.

ASSEMBLÉE GÉNÉRALE ORDINAIRE DU 20 DÉCEMBRE 1922.

Lors de la dernière assemblée générale en janvier dernier, le Conseil avait exposé les progrès réalisés par la société tant au point de vue de sa reconstitution qu'en ce qui concerne l'exécution de ses premiers programmes d'extensions.

Ces programmes, tels qu'ils avaient été définis, sont achevés et la société, pour répondre aux demandes d'énergie électrique et de gaz, toujours plus importantes de la clientèle, s'est vue dans la nécessité de renforcer encore ses moyens de production et de distribution.

La société dessert actuellement deux régions : 1° la région Jeumont, Maubeuge, Fourmies, Aulnoye.

A l'origine, la centrale de Jeumont faisait face à tous les besoins de la clientèle, mais, avec le développement ininterrompu des usines nouvelles, il a fallu créer une seconde centrale à Maubeuge, qui comporte 4 unités de 5000 kw et

Digitized by Google

les derniers perfectionnements dans la chaufferie à grilles automatiques et les manutentions qui se font mécaniquement.

L'allure rapidement croissante des diagrammes de charge a contraint à installer un cinquième groupe actuellement en montage.

La puissance des centrales de Jeumont et de Maubeuge étant complètement absorbée, la société a dû s'assurer la fourniture de l'énergie disponible à la centrale d'Hirson qui appartient à l'Etat et dont elle est devenue régisseur ; elle est actuellement en pourparlers pour acheter cette centrale.

Le Conseil a aussi envisagé la création d'une nouvelle centrale à Aulnoye ; les études sont terminées et les principales commandes ont été passées.

2° La région de Lille.

Le développement de la centrale de Lille s'est poursuivi normalement. La société a procédé à l'installation de nouvelles batteries de chaudières, et envisage l'acquisition d'un nouveau groupe turbo-alternateur.

Les usines à gaz fonctionnent normalement.

Le Conseil rend compte de l'exploitation des filiales de la compagnie.

Société d'Électricité de la région de Valenciennes-Anzin. — A la centrale de Valenciennes, les perfectionnements appliqués aux batteries des chaudières ont donné des résultats satisfaisants. L'importance de la clientèle s'accroît, la société continue l'électrification des communes comprises dans sa zone d'action. Après amortissement de renouvellement du matériel d'une somme de 1 500 000 fr, la société a distribué, pour l'exercice clos le 31 décembre 1921, 18 fr aux actions, soit plus de 7 pour 100, et 25,71 fr aux parts.

Gaz et Électricité du Hainaut. — En raison de l'extension rapide de la clientèle, le débit des centrales appartenant à cette société, qui était de 36 000 000 kw-h en 1913, est passé à 56 000 000 kw-h en 1921 et ce débit croît d'une façon constante.

L'utilisation plus complète et plus économique du matériel s'est traduite par un meilleur rendement financier.

Quand les unités nouvelles commandées seront en service, la puissance totale installée des trois centrales de Montignies-sur-Sambre, Bascoup et Ville-sur-Haine atteindra 42 000 kw.

Le bénéfice brut de l'exercice clos le 31 décembre 1921 a été de 6 479 000 fr et le bénéfice réparti de 3 227 000 fr, après de larges amortissements et provision pour renouvellement.

Il a été distribué, pour l'exercice 1921, 40 fr aux actions de priorité de 500 fr, soit 8 pour 100 ; 16 fr aux actions de jouissance, 66 fr aux parts de fondateur.

Société d'Etudes et de Recherches pétrolifères et Société de Recherches d'hydrocarbures. — Le sondage de Vaux-en-Bugey a toujours son gaz en pression et la Société d'Etudes et de Recherches pétrolifères a commencé la réalisation de son exploitation commerciale. Un pipe line est en cours de pose pour desservir la commune d'Ambérieu, avec laquelle un contrat de fourniture a été passé.

Un nouveau sondage à grand diamètre a été foré à quelque distance du sondage en activité et tout fait espérer des résultats satisfaisants dans un avenir très prochain.

En raison de sa richesse en calories, le gaz de Vaux pourrait être utilisé pour la soudure autogène, la traction automobile.

La Société de Recherches d'Hydrocarbures a, de son côté, poursuivi des sondages de reconnaissance dans les Pyrénées, ainsi que sur le territoire d'Arcachon.

Le Conseil demande aux actionnaires de lui confirmer l'autorisation de procéder au remploi des indemnités de dommages de guerre

La société a reçu des avances importantes de l'Etat en nature et en espèces. Ces avances comportent notamment 7 645 900 fr de certificats provisoires. Ces certificats lui ont permis de passer des conventions de paiement par annuités avec le ministre des Finances pour une somme qui atteint actuellement 6 705 200 fr. Les conventions ont été déléguées au Groupement des Compagnies d'Energie électrique et d'Eclairage du Nord et de l'Est.

Ce groupement a été en mesure, dans les premiers mois de cette année, d'émettre un emprunt de 82 500 000 fr.

La société a délégué à ce groupement les annuités qui lui ont été délivrées par l'Etat. Elle a participé au produit de l'emprunt en fonction des annuités déléguées et elle a obtenu la délivrance des sommes lui revenant sur le produit net de l'émission.

Le total général des avances reçues et qui sont déjà comptabilisées, y compris les certificats provisoires, s'élève, à la date du 30 septembre, à 34 923 164,82 fr.

L'instruction des dossiers de dommages de guerre étant très avancée, le montant de l'indemnité totale qui sera attribuée à la société devant les commissions cantonales, sera bientôt connu.

Les bénéfices de l'exercice ont atteint 8 981 394,88 fr auxquels s'ajoute le report de l'exercice précédent, 13 703,18 fr.

Les frais généraux et impôts se sont élevés à 397 528,89 fr.

Il est versé aux amortissements 2 142 771,41 fr.

Le solde s'élève à 6 454 797,76 fr qui se répartit : 5 pour 100 à la réserve légale, un premier dividende de 4 pour 100 aux actions, 113 457,59 fr au Conseil, un deuxième dividende de 8 fr aux actions, un dividende de 96 fr aux parts bénéficiaires.

Le report à nouveau est de 19 285,44 fr.

Le dividende est payable à partir du 29 décembre 1922 contre remise du coupon n° 6 ; 16,20 fr par action nominative et 14,70 fr par action au porteur, contre remise du coupon n° 5 ; 79,53 fr par part.

BILAN AU 30 SEPTEMBRE 1922.

Actif.

	fr
Frais de constitution de la société et d'augmentations de capital	380 558,61
Portefeuille, titres	14 564 386,05
Mobilier du siège social	1 »
Usines, réseaux et concessions	39 005 976,61
Disponibilités : caisses, banques et débiteurs divers	28 588 056,32
Reconstitution industrielle	47 844 444,74
Magasins (approvisionnements et sous-produits).	2 743 215,10
Titres à libérer	753 000 »
Etat français. Annuités à recevoir	14 148 510 »
	148 451 148,43

Passif.

	fr
Capital :	
280 000 actions de 250 fr	70 000 000 »
10 000 parts bénéficiaires	Mémoire.
Réserve légale	568 549,20
Fonds de renouvellement du matériel	4 200 000 »
Fonds d'amortissement	6 350 000 »
Créditeurs divers	10 883 243,10
Avances de l'Etat	34 923 164,82
Coupons restant à payer	189 883,55
Compte d'ordre (versements restant à effectuer sur titres et annuités restant à recevoir de l'Etat et déléguées)	14 901 510 »
Profits et pertes, solde	6 454 797,76
	148 451 148,43

Digitized by Google

SECTION DE LÉGISLATION

La situation créée par l'abrogation partielle de la législation sur la spéculation illicite

L'auteur examine la situation créée par le vote de la loi du 21 octobre 1922, spécialement en ce qui concerne les conditions pouvant intervenir entre groupements de fabricants ou négociants; il estime, en motivant son opinion, que seule la coalition frauduleuse, réprimée par l'article 419 du Code pénal est désormais délictueuse, et que l'imposition de prix minimum demeure licite, conformément aux principes de la jurisprudence.

Les nouvelles dispositions légales visant ce qu'on a appelé la « spéculation illicite » soulèvent des problèmes curieux et inattendus; les conséquences qui en paraissent résulter pour l'exercice du commerce sont particulièrement intéressantes à envisager, en attendant que la jurisprudence les sanctionne et qu'éventuellement, comme il en est question déjà, le législateur intervienne à nouveau.

Historique de la question. — Avant le vote et l'application des dispositions exceptionnelles de guerre (lois du 20 avril 1916, article 10, et du 23 octobre 1919), c'était l'article 419 du Code pénal qui tendait à réprimer les « spéculations illicites », ou plutôt les coalitions, accaparements qui pouvaient fausser le libre jeu de la loi de l'offre et de la demande. Ce texte, qui faisait partie d'un ensemble de dispositions atteignant les actes ayant pour but « d'exercer une pression sur le prix du travail, sur les salaires, de la part des maîtres ou des ouvriers », tendait à réprimer les actes pouvant exercer une pression sur les prix des denrées et marchandises.

L'article 419 du Code pénal ne visait donc que l'accaparement par des groupements de producteurs, de même que la coalition ouvrière était interdite (à cette époque, les souvenirs de l'ancien régime et de la période révolutionnaire dominaient les esprits : plus de corporations, plus de groupements « d'affameurs! »). Ce texte tomba, d'ailleurs, rapidement en désuétude et, sauf de rares applications (notamment depuis l'instauration de la législation organisant les syndicats), la liberté du commerce, limitée avant la guerre par une intense concurrence, fut à peu près complète.

Sous la pression des circonstances, et la réclamation de l'opinion publique, toujours passionnée et simpliste, la raréfaction des produits qui ont comme conséquence, il faut le reconnaître, une spéculation excessive surtout à l'égard des objets les plus nécessaires à l'existence, on revint aux principes de la législation habituelle aux époques de crise économique; l'article 419, inappliqué et, par suite, jugé insuffisant, fut remplacé par les lois dites contre la spéculation illicite.

Leur application difficile à des espèces multiples et, faute de critérium, quasi impossible à définir, conduisit les tribunaux à adopter le système du bénéfice illégitime si justement critiqué, et l'abus de l'application de ce critérium vient d'amener le législateur à l'abrogation, relative, mais de principe et souvent de fait (loi du 21 octobre 1922), de la législation spéciale de guerre, pour ne laisser, sauf pour les délits commis antérieurement et non prescrits, en vigueur que l'ancien article 419.

Actuellement, la spéculation illicite en matière de loyers est abolie, et celle sur les denrées et marchandises est singulièrement restreinte, étant désormais spécifié que « l'écart entre le prix de revient et celui de vente ne pourra être retenu comme élément constitutif du délit ».

Les parquets cherchèrent bien à maintenir l'application de la loi, abrogée pour l'avenir, aux ventes dépassant « le cours normal », mais une très récente circulaire de la Chancellerie vient de prescrire d'abandonner toutes les poursuites concernant les opérations n'impliquant pas des manœuvres particulières constituant de véritables escroqueries.

Situation actuelle. — De cet exposé succinct, il résulte qu'actuellement : les spéculations illicites, en matière de loyers, sauf lorsqu'il y a exigence d'acquisition de mobilier, ou matériel, ou paiement de « pas de porte » à un prix visiblement fantaisiste, ne sont plus punissables; quant aux spéculations concernant la vente d'objets dans le commerce, sauf pour les faits intervenus avant le 23 octobre 1922, poursuivis ou non poursuivis encore, des sanctions ne pourront intervenir que si les agissement sont manifestement frauduleux, et si les prix pratiqués dépassent incontestablement ceux qui auraient été déterminés par la libre concurrence, indépendamment de toute considération de bénéfice, celui-ci apparût-il comme considérable. Et encore, depuis l'envoi aux Parquets de la circulaire de

Digitized by Google

la Chancellerie, ceux-ci devront-ils se montrer très libéraux.

En d'autres termes, malgré le maintien, pour les faits antérieurs non prescrits, des effets de l'article 10 de la loi de 1916, les faits d'accaparement prévus par l'article 419, demeuré en vigueur, sont seuls punissables.

Ainsi les tendances manifestées par la plus récente jurisprudence de certaines cours d'appel (et notamment de la Cour d'Orléans, arrêt du 11 juillet 1922) et même de la Cour de Cassation, sont dépassées; la liberté du commerce est à peu près complètement rétablie, il n'y a que la coalition et l'accaparement, qui en est la conséquence, qui restent seuls réprimés.

Conséquences pratiques. — Désormais, les industriels et commerçants peuvent vendre librement; ils peuvent même conclure entre concurrents des ententes pour maintenir un minimum de prix, en d'autres termes pour imposer au public un prix « limite inférieure », si ces ententes ne sont pas manifestement contraires à l'ordre public, si elles n'ont pas pour but d'élever artificiellement les prix d'une marchandise, et ne constituent qu'un légitime moyen de défense de leurs intérêts professionnels, de même que les syndicats ouvriers peuvent se concerter pour tenter d'imposer un tarif syndical à leurs employeurs.

La jurisprudence, avant comme après le vote des lois spéciales de 1916 et 1919, a toujours sanctionné ce principe qui, désormais, reprend toute sa vigueur. Ce principe a été consacré par de nombreuses décisions, notamment par la Cour de Paris le 7 mai 1908 (Dalloz, 1910, 2, 339), par la Cour de Cassation le 3 mai 1911 (Dalloz, 1912, 1, 33) et, sous l'empire des lois spéciales par l'arrêt de la Cour de Cassation du 26 octobre 1921 (*Annales de la Propriété industrielle*, 1922, 1, 6 et la note G. M.).

Avant, comme pendant l'exercice de la législation spéciale, et comme aujourd'hui à fortiori, l'article 419 du Code pénal n'est applicable que lorsque la coalition est formée « entre tous les producteurs ou les principaux producteurs » d'une même marchandise, pour imposer non seulement des prix minima (lesquels peuvent être justifiés) mais ayant pour effet « d'opérer une hausse artificielle que n'aurait pu obtenir la libre concurrence ». (Cf. note dans *Annales de la Propriété industrielle*, 1901, 61, et note Fernand-Jacq, dans *Annales de la Propriété industrielle*, 1920, 1, 17).

Il s'ensuit que la réglementation par un groupe de fabricants ou de négociants du prix d'une marchandise, du moment qu'il ne s'agit pas d'établir une hausse artificielle, mais seulement d'empêcher la vente par des concurrents à vil prix, est parfaitement licite.

Demeure seule délictueuse, en d'autres termes, la coalition ayant pour but manifeste et pour effet certain de majorer artificiellement les prix d'une marchandise; par suite, les prix imposés par un groupement peuvent être licites, s'il n'y a pas manœuvre frauduleuse dans leur établissement, et si ces prix n'ont été déterminés que par le légitime désir de défendre les intérêts professionnels de la corporation.

Fernand-Jacq.
Docteur en droit,
Avocat à la Cour d'Appel de Paris

Législation, jurisprudence, réglementation

Sur l'application de la loi prohibant la transformation de locaux d'habitation en locaux commerciaux.

Le « Journal officiel » du 29 novembre 1922 publie, page 1410 des « Débats parlementaires, Sénat », la question et la réponse qui suivent.

5407. — M. Penancier, sénateur, demande à M. le garde des Sceaux, ministre de la Justice, si l'on peut considérer comme légale la transformation en bureaux, postérieure au 31 mars 1922, d'un local à usage d'habitation, étant entendu que cette transformation résulte de l'application d'un bail régulièrement enregistré antérieurement à la promulgation de la loi. (Question du 9 novembre 1922.)

Réponse. — Sous réserve de l'interprétation judiciaire, il semble bien ressortir des termes de l'article 16 de la loi du 31 mars 1922 qu'il faille s'attacher au fait même de la transformation des locaux d'habitation pour en fixer la date et, par suite, la légitimité. Mais, en ce qui concerne la transformation de tels locaux en bureaux, il convient de noter que ce dernier mot ne figure pas dans le texte prohibitif précité; il appartient, dans ces conditions, aux tribunaux, qui ont seuls qualité pour interpréter la loi, de rechercher chaque espèce, si le bureau doit ou non être considéré comme un local commercial ou industriel (Cf. réponse à question écrite n° 5260, de M. le colonel Plichon).

Sur la contribution sur les bénéfices de guerre et sur l'impôt cédulaire sur les bénéfices industriels et commerciaux.

Le « Journal officiel » du 1er décembre 1922, publie, p. 1428 des « Débats parlementaires, Sénat », la question et la réponses suivantes.

5401. — M. Léon Perrier, sénateur, demande à M. le ministre des Finances s'il ne serait pas possible — dans le cas où la dernière période de l'imposition sur les bénéfices de guerre se trouverait déficitaire et, par conséquent, non imposable — d'obtenir la déduction sur les bénéfices supplémentaires des périodes 1918 et 1919 de l'impôt cédulaire sur les bénéfices industriels et commerciaux afférent à ces deux années, si les rôles les concernant n'ont été publiés qu'en 1920. (Question du 6 novembre 1922.)

Réponse. — Dans le cas où un contribuable a cessé d'être soumis à la contribution extraordinaire pour la sixième période (1er janvier-30 juin 1920), il y a lieu d'admettre que les cotisations qui lui ont été réclamées au titre de l'impôt sur les bénéfices industriels et commerciaux, pour les années 1918 et 1919, et dont il n'a pu tenir compte lors de l'établissement de ses déclarations soient, sur sa demande, déduites des bénéfices qu'il a réalisés au cours de cette dernière année.

Digitized by Google

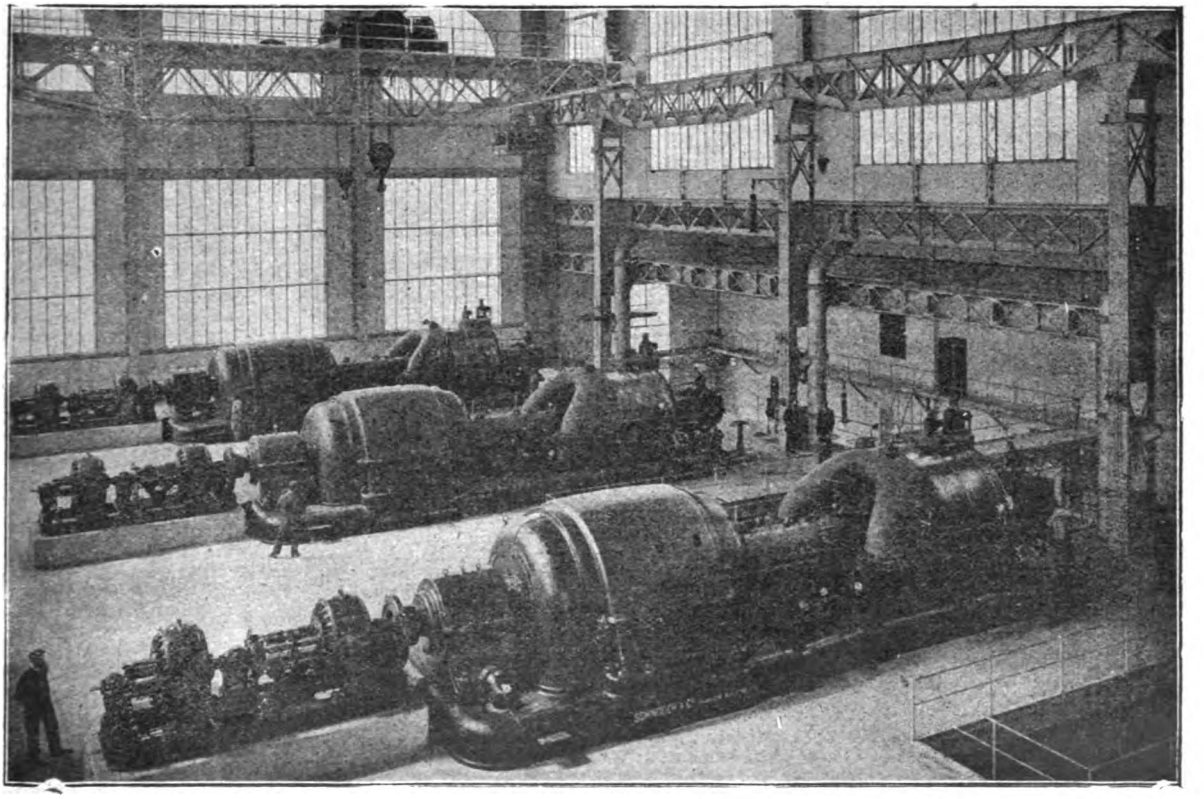
SCHNEIDER & Cie

Siège social et Direction générale à PARIS (8e) : 42, Rue d'Anjou.

TÉLÉPHONE : **GUTENBERG 76-30 à 76-37** TÉLÉGRAMMES : **MONESTOY-PARIS**

Usine de **CHAMPAGNE-SUR-SEINE** (Seine-et-Marne)
Usine d'**HARFLEUR** (Seine-Inférieure) — Usine de **LA LONDE-LES-MAURES** (Var)

GROUPES TURBO-ALTERNATEURS



Groupes turbo-alternateurs de 20.000 ch. de la C. P. D. E.

PRINCIPALES AGENCES EN FRANCE

CLERMONT-FERRAND Villa Etienne, Boulevard Bazin, à **ROYAT** (P.-de-D.).
LILLE 47, rue Faidherbe.
LYON 4, rue Président-Carnot.
MARSEILLE 17, rue Lafayette, à **TOULON**
METZ 37, avenue du Maréchal-Foch.
STRASBOURG 64, rue des Vosges.

UNIS FRANCE

Digitized by Google

SOCIÉTÉ ALSACIENNE
DE CONSTRUCTIONS MÉCANIQUES

USINES A BELFORT (Terr. de), **MULHOUSE** (Hᵗ Rhin), **GRAFFENSTADEN** (Bas-Rhin)

Maisons à :

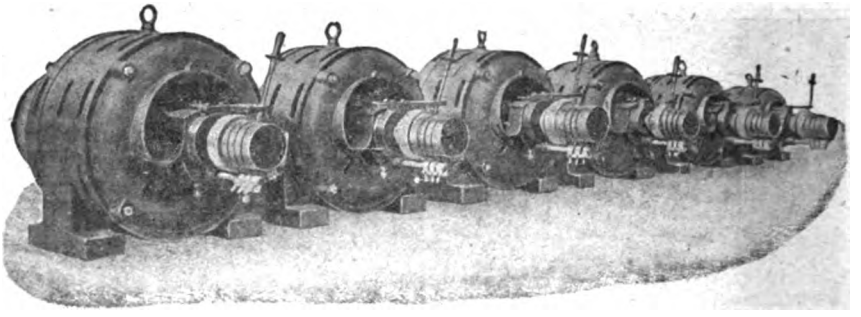
PARIS..... 32, rue de Lisbonne
LILLE..... 61, rue de Tournai
MARSEILLE.... 40, rue Sainte
NANTES..... 7, rue Racine

UNIS FRANCE

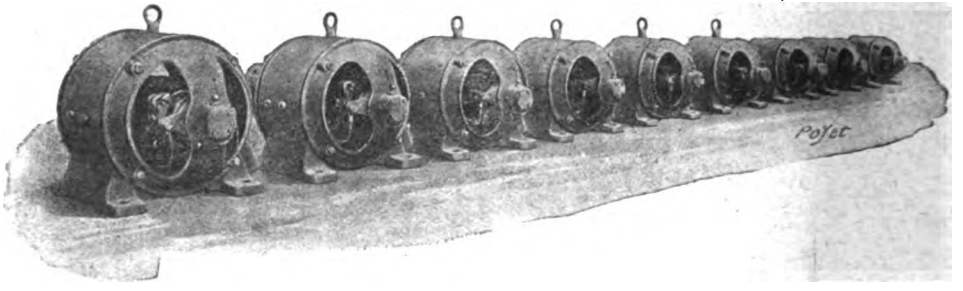
Maisons à

LYON..... 13, rue Grôlée
NANCY..... 21, rue Saint-Dizier
ROUEN..... 7, rue de Fontenelle
BORDEAUX 9, cours du Chapeau-Rouge

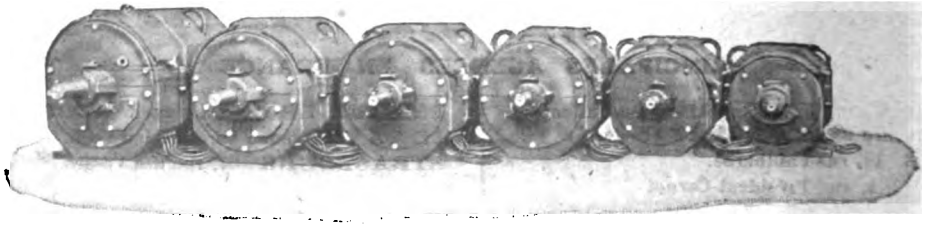
MOTEURS A COURANT TRIPHASE TYPE N
EN STOCK



MOTEURS A COURANT CONTINU TYPE B
blindés ouverts. — Série normale.
— Livraison rapide —



MOTEURS A COURANT CONTINU TYPE J
blindés fermés, extra-robustes, étudiés spécialement pour la commande des appareils de levage, rouleaux de laminoirs, etc.



Digitized by Google

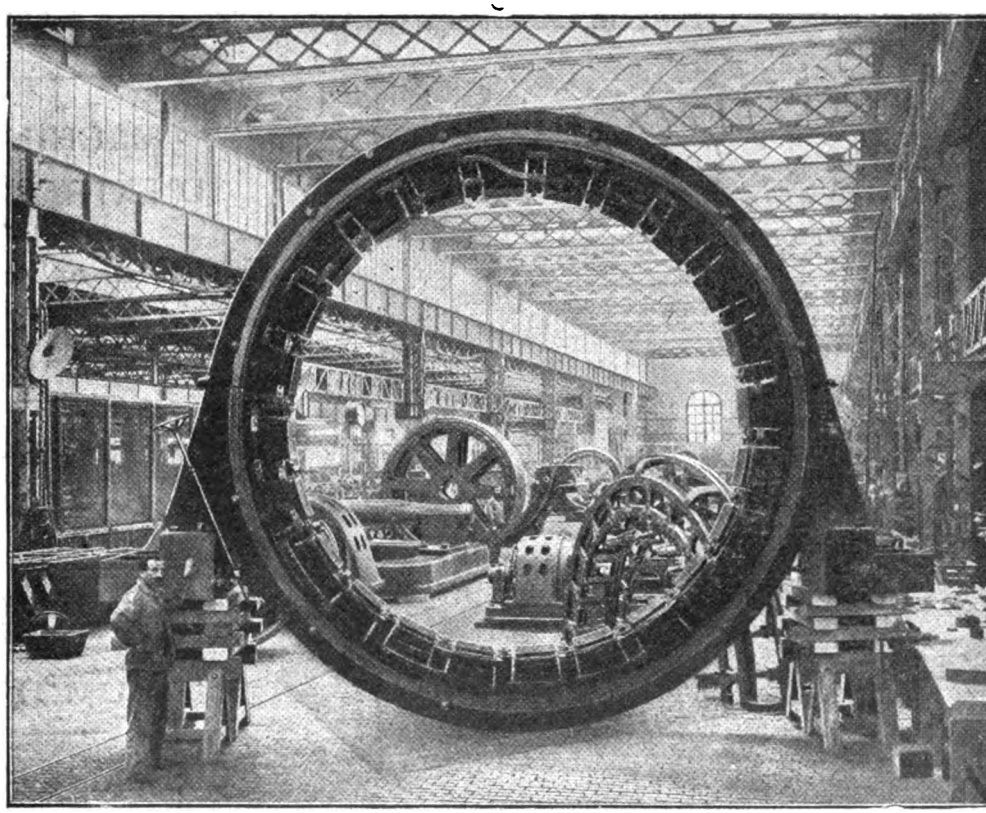
Cie GÉNÉRALE ÉLECTRIQUE

Capital : 15 000000 Francs

Siège social : NANCY : Rue Oberlin

Usines à NANCY - NANTERRE - NANTES

Bureaux de PARIS, 26, Rue La Fayette (IXe)



Un des Halls de montage

MATÉRIEL ÉLECTRIQUE ET ÉLECTROMÉCANIQUE

PARIS-FRANCE

Digitized by Google

Forges et Ateliers de Constructions électriques

de JEUMONT (Nord)

SOCIÉTÉ ANONYME AU CAPITAL DE 80 MILLIONS DE FRANCS

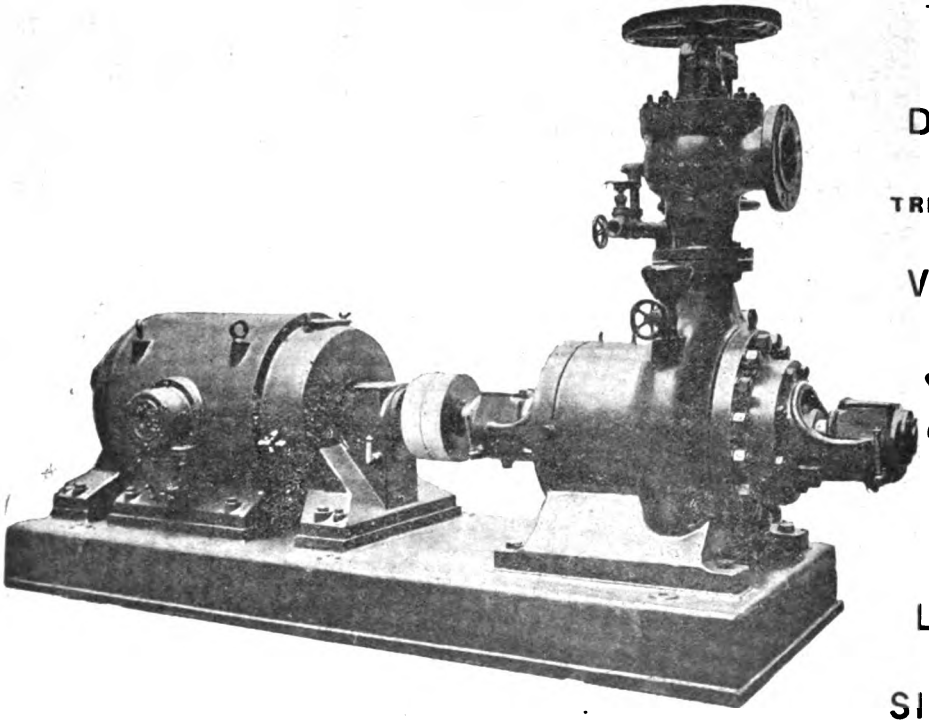
SIEGE SOCIAL : 75 Boulevard Haussmann, PARIS (8e)

UNIS FRANCE

USINES DE JEUMONT

ATELIERS, FONDERIES, ACIERIES, CABLERIE, TREFILERIE, LAMINOIRS, MANUF. D'ISOLANTS

APPLICATIONS DE L'ÉLECTRICITÉ AUX MINES



Groupe moto-pompe fourni aux Houillères de Liévin.
Pompe type 27 B M 10, 3000 t : mn, 200 m³ à l'heure, à 300 m.
Moteur type A B P 87, 360 ch, 3000 t : mn, 3000 volts, 50 p : s.

MACHINES D'EXTRACTION

TREUILS DE FONÇAGE

VENTILATEURS

POMPES

D'ÉPUISEMENT et de FONÇAGE

LOCOMOTIVES

SIGNALISATION

LAMPES DE MINEURS

AUTRES USINES

à **FEIGNIES** (Nord) : Division CHARPENTE METALLIQUE ET CHAUDRONNERIE
à **LA PLAINE-SAINT-DENIS** (Seine), *194, avenue du Président-Wilson* : Division APPAREILLAGE
à **LEVALLOIS-PERRET** (Seine), *35, rue Rivay* : Division BOULONNERIES
à **NANCY**, *39, rue Victor* et à **RENNES**, *37, quai de la Prévalaye* : Division LIMES ET OUTILLAGE

Digitized by Google

Cie Electro-Mécanique

Société Anonyme au Capital de 60.000.000 de Francs

SIÈGE SOCIAL : 12, rue Portalis, PARIS (8e)

USINES :
Le Bourget (Seine)
Le Havre
Lyon

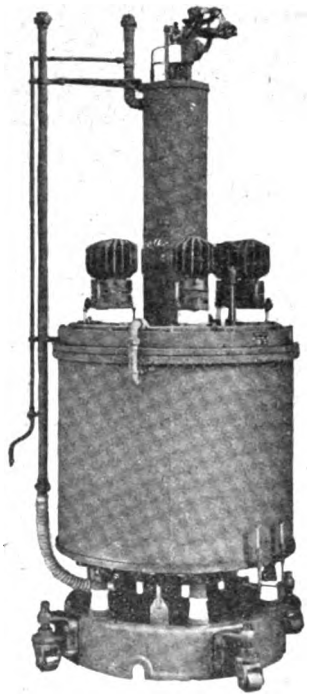
TÉLÉPHONE :
Wagram 34-45
34-46
34-47
34-48

REDRESSEURS A VAPEUR DE MERCURE

(Système BROWN-BOVERI)

Seuls appareils industriels permettant de réaliser statiquement la transformation du courant alternatif en courant continu.

Rendement élevé ;
Aptitude à supporter les courts-circuits ;
Rapidité de mise en service ;
Réduction de la surveillance ;
Fonctionnement silencieux et sans vibrations ;
Encombrement réduit.



Spécialement recommandés pour l'équipement des sous-stations automatiques, la production du courant continu haute tension et toutes les applications où la charge est sujette à des variations brusques et rapides : traction, laminoirs, etc...

Plus de 350 appareils construits ou en service représentant une puissance totale de plus de 90000 kW.

TYPE SPÉCIAL

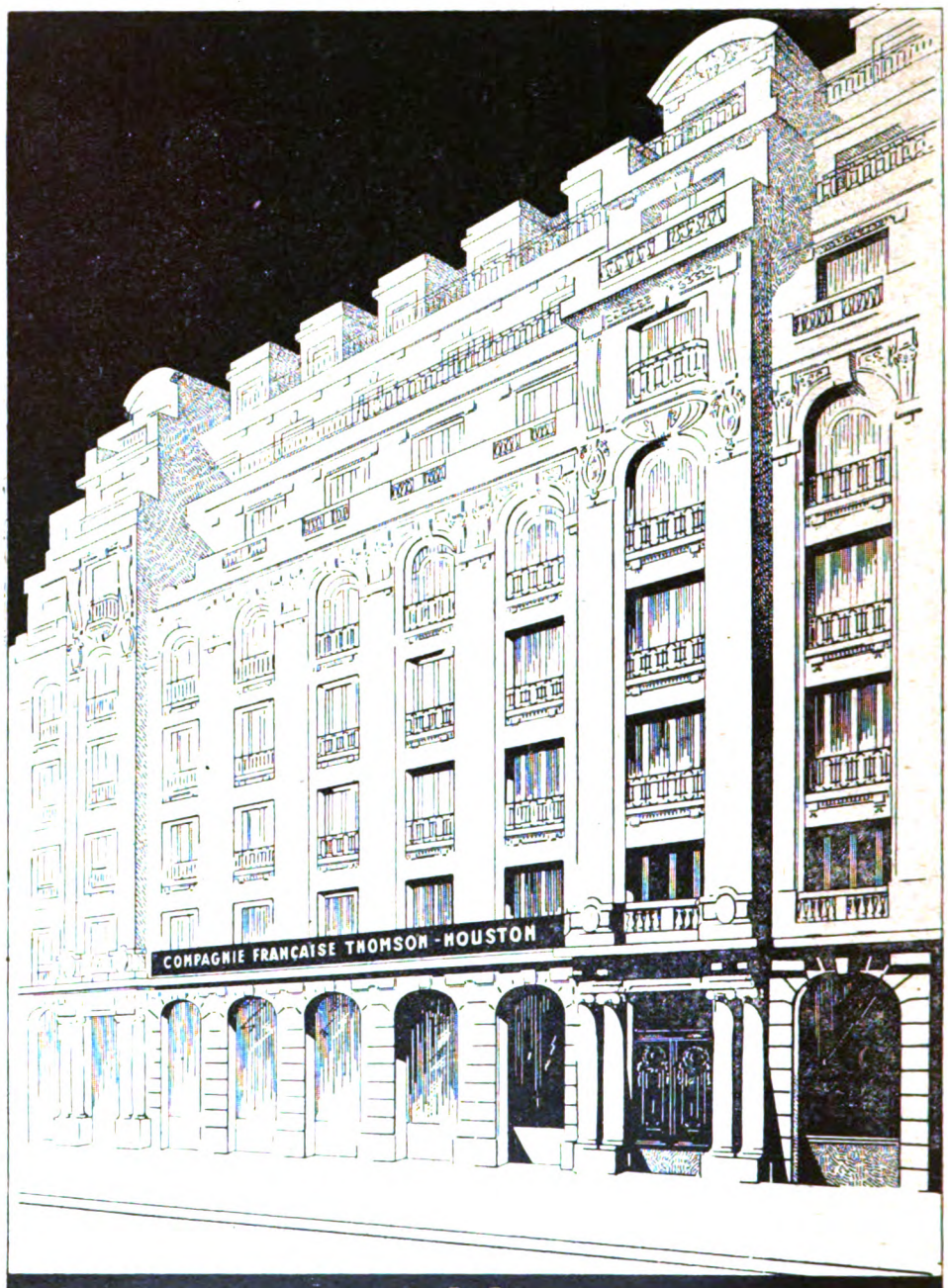
POUR COURANT CONTINU HAUTE TENSION (1000-5000 v.)

32 cylindres redresseurs de ce type formant 16 groupes de 1200 kW sont en montage dans les sous-stations de la ligne Toulouse-Bayonne, des Chemins de fer du Midi.

TURBINES A VAPEUR (Système Brown-Boveri) —— **MATÉRIEL ÉLECTRIQUE « CEM »** (Procédés Brown-Boveri)

POUR TOUTES APPLICATIONS

Digitized by Google



LA
COMPAGNIE FRANÇAISE
THOMSON-HOUSTON
est transférée
173, Boul.d Haussmann. PARIS 8.e
TELEPHONE

Digitized by Google

COMPAGNIE FRANÇAISE
POUR L'EXPLOITATION DES PROCÉDÉS
Thomson-Houston
SOCIÉTÉ ANONYME - CAPITAL : 200.000.000. FR.

DÉPARTEMENT DE TÉLÉPHONIE
DIRECTION, SERVICES TECHNIQUES & COMMERCIAUX
254, 256, Rue de Vaugirard PARIS (15e)
Téléph.: Ségur 88-50 à 88-55 Adr. télégr. : ELIHUMICRO-PARIS

Plus de
200.000
APPAREILS TÉLÉPHONIQUES
"THOMSON"
sont en service en
FRANCE

POSTES D'ABONNÉS
POUR TOUS RÉSEAUX
TARIFS SUR DEMANDE

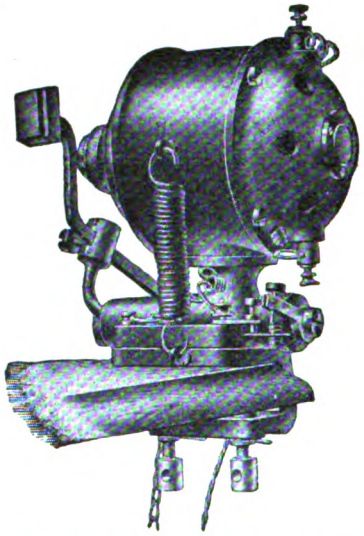
Digitized by Google

JAPY

ATELIERS DE CONSTRUCTIONS DE MATERIEL ELECTRIQUE

USINE DES PRÉS

UNIS 1 JF 6 FRANCE



MOTEUR POUR MACHINE A COUDRE

JAPY FRÈRES & Cie

BEAUCOURT (Ht Rhin)
PARIS 4-7 Rue du Château d'Eau

MOTEURS & GÉNÉRATRICES

COURANT CONTINU ET ALTERNATIF DE 1/50 à 50 HP
COMMUTATRICES - POLYMORPHIQUES - GROUPES ELECTRO-POMPES
APPAREILLAGE - APPAREILS DE MESURE

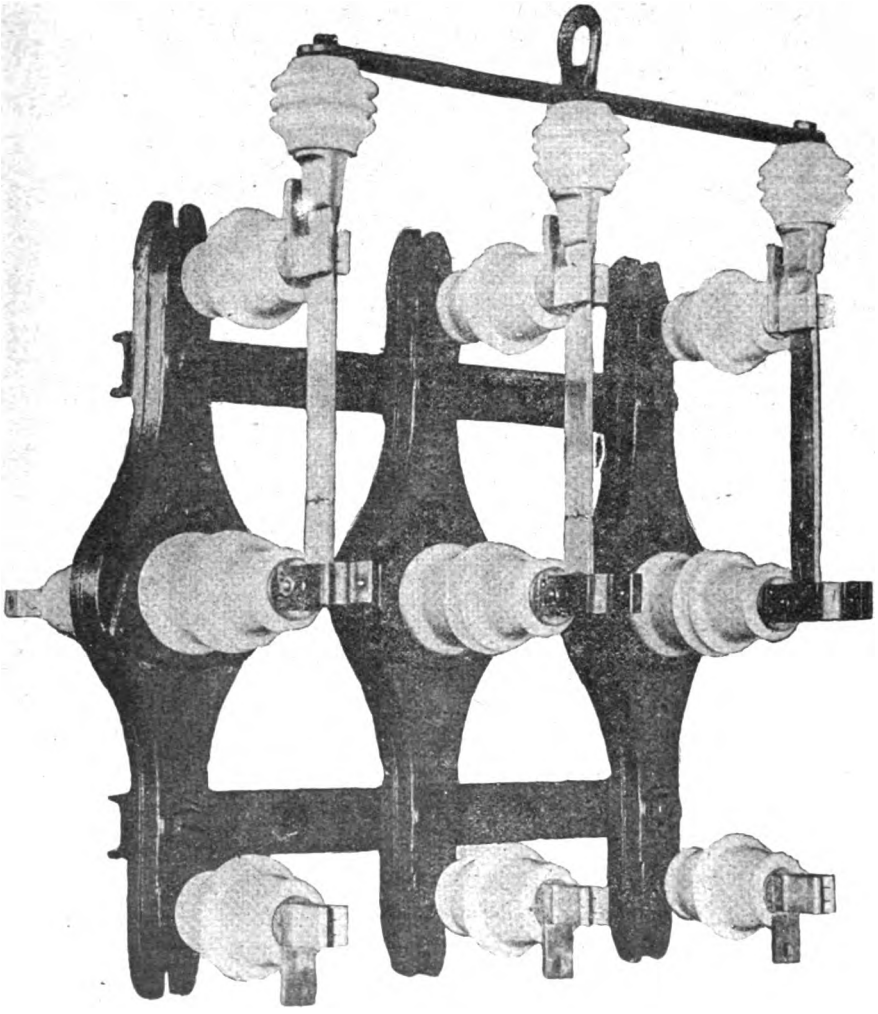
Phot. ARGENCE & VIDAL, LYON

Digitized by Google

ATELIERS DE CONSTRUCTIONS ÉLECTRIQUES DE

DELLE

Société anonyme au Capital de 6 000 000 francs



Sectionneur-inverseur avec isolateurs de traversée
250 ampères, 12 000 volts

PARIS (X°) — 28, Boulevard de Strasbourg, 28 — PARIS (X°)

Téléphone : NORD-47-96

Digitized by Google

ELECTRO PORCELAINE

LYON
15, rue de Constantine
Téléph. : Barre 31-52

PARIS
11 bis, rue de Milan
Téléph. : Central 17-12

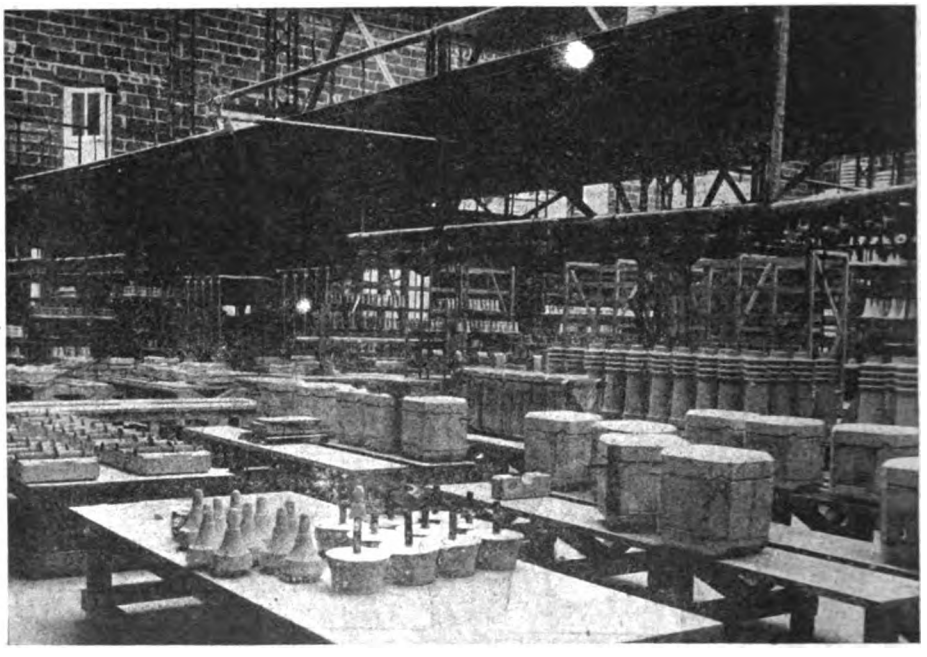
ELECTRO PORCELAINE — St VALLIER DRÔME

PROCÉDÉS RENAUDIN

Nos pâtes employées sont étudiées par des céramistes

Notre fabrication est dirigée par des ingénieurs-électriciens

FABRICATION DE TOUS ISOLATEURS SUR DESSINS
QUELLE QUE SOIT LEUR FORME ET IMPORTANCE



Toute la Porcelaine électro-technique
à POROSITÉ NULLE et CONSTANTES mécaniques et diélectriques ÉLEVÉES

Nos modèles d'isolateurs déposés ont été déterminés en vue d'obtenir une excellente tenue diélectrique et une résistance mécanique maximum dans les conditions les plus défavorables d'emploi.

ELECTRO-PORCELAINE ELECTRO-PORCELAINE ELECTRO-PORCELAINE ELECTRO-PORCELAINE ELECTRO-PORCELAINE ELECTRO-PORCEL

St VALLIER-DRÔME St VALLIER-DRÔME St VALLIER-DRÔME St VALLIER-DRÔME St VALLIER-DRÔME St VALLIER-DR

USINES A SAINT-VALLIER-SUR-RHONE-DRÔME

Digitized by Google

Le Transformateur

SOCIÉTÉ ANONYME
CAPITAL 2000000 DE FRANCS

AGENCES

LILLE
Bourse de Commerce
Bureaux Nos 73 & 74

LYON
5, Rue Grolée

SIÈGE SOCIAL
15, Avenue Matignon, 15
PARIS (8E)
Téléph : Élysées 57-27 57-28

USINES à Petit-Quevilly (Seine Infre)

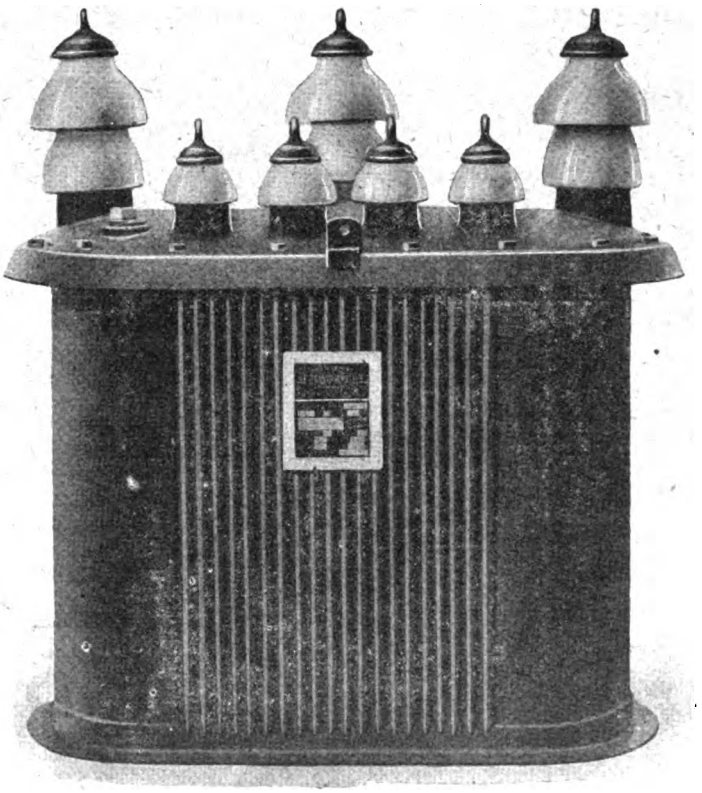
AGENCES

NANCY
35 Rue de la Pépinière

MARSEILLE
1-A, Rue Molière

TOULOUSE
34, rue de Metz

LONDRES
25, Victoria Street
LONDON (S.W.1.)



TRANSFORMATEUR POUR MONTAGE SUR POTEAUX

DEMANDEZ TOUJOURS
LES
DERNIERS PRIX
EN
VIGUEUR

Digitized by Google

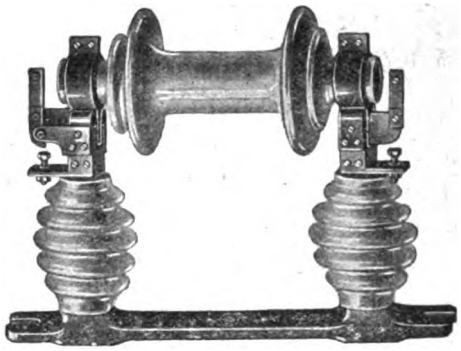
Le Matériel Industriel Electrique

Téléphone : TRUDAINE 63-39.
ATELIERS A PARIS.

36, Rue Baudin. PARIS (9e)

- APPAREILLAGE -

Interrupteurs
Disjoncteurs
Démarreurs
Rhéostats
Réducteurs
Résistances
Ampèremètres
Voltmètres, etc., etc.



Sectionneurs
Parafoudres
Bobines de Self
Coupe-Circuit
Limiteurs
Résistances
Disjoncteurs
Interrupteurs (dans l'huile)

- MATÉRIEL BLINDÉ -

Coffrets de Manœuvre jusqu'à 5000 Volts

avec INTERRUPTEURS

INVERSEURS

DISJONCTEURS

RUPTURES DANS L'AIR OU DANS L'HUILE

Digitized by Google

ÉTABLISSEMENTS
MERLIN & GERIN

Société Anonyme au Capital de 2 500 000 Francs

Rue du Monestier-de-Clermont

GRENOBLE

APPAREILLAGE ÉLECTRIQUE

Haute tension jusqu'à 150 000 volts

& Basse tension

ÉTUDE ET ÉQUIPEMENT DE POSTES
ET STATIONS CENTRALES

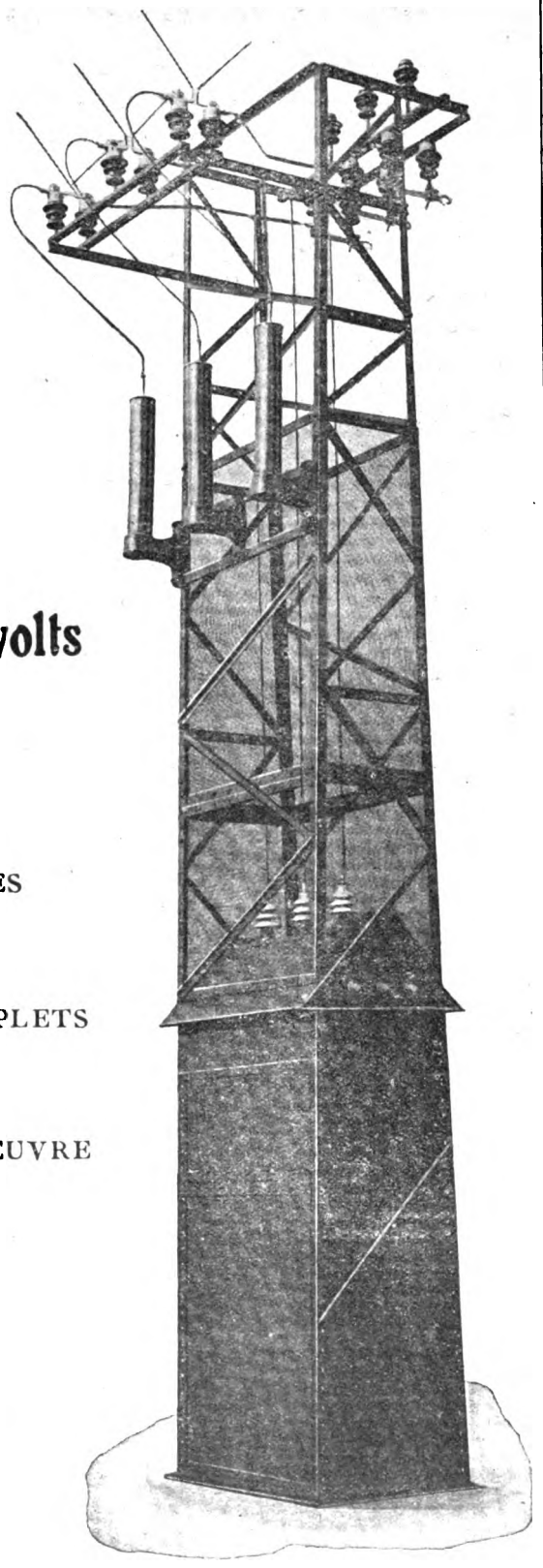
POSTES DE TRANSFORMATION COMPLETS
SUR POTEAUX

PUPITRES ET ARMOIRES DE MANŒUVRE

TABLEAUX DE DISTRIBUTION
DE TOUS GENRES

AGENCES à PARIS, MARSEILLE, LILLE, LYON, TOULOUSE, NANCY, BRUXELLES, TURIN, ALGER.

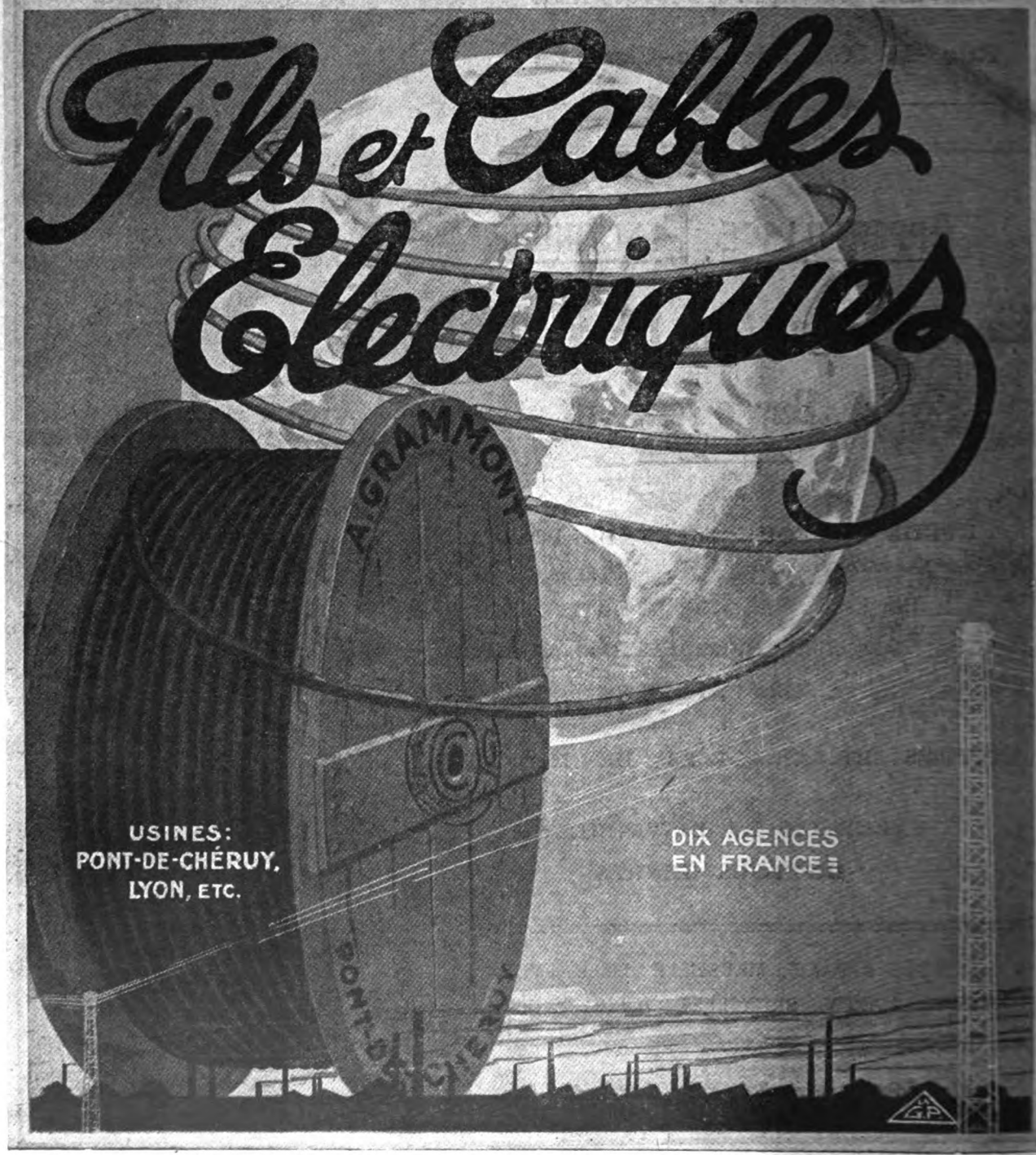
Catalogue complet sur demande



Digitized by Google

Etablissements Industriels E. C. Grammont
et
Alexandre Grammont

Société Anonyme au Capital de 30.000.000 Francs
Administration: 10, Rue d'Uzès. PARIS



Digitized by Google

Ateliers de Constructions Électriques

DE LYON ET DU DAUPHINÉ

MATÉRIEL ÉLECTRIQUE GRAMMONT

APPAREILLAGE ÉLECTRIQUE MALJOURNAL & BOURRON

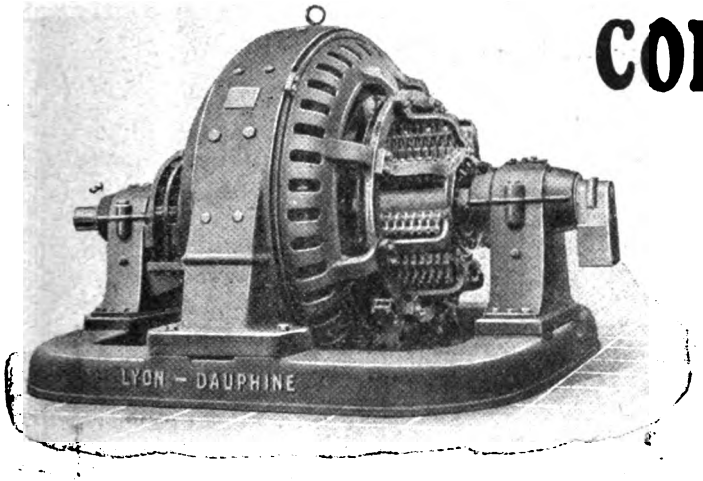
Capital social : 18000000 francs

Adr. télégr. : LYON-DAUPHI-PARIS

SERVICES COMMERCIAUX / SERVICES D'EXPORTATION } **10, rue d'Uzès, PARIS**

Tél. : CENTRAL 19-43

Usines : 160 et 220, Route d'Heyrieux, LYON



COMMUTATRICE HEXAPHASÉE 500 KW, 750 T : MN, 50 P : S. (2 × 125 volts, côté continu).

COMMUTATRICES

SÉRIES T & H

Ces séries de commutatrices sont construites normalement pour obtenir une tension côté continu comprise entre **115** et **600** volts.

Ces machines sont **Triphasées** tétrapolaires jusqu'à **250** kw; **Hexaphasées** à 6-8-10 et 12 pôles jusqu'à **1500** kw.

Nos **COMMUTATRICES** présentent, entre autres, les avantages ci-après :

Construction robuste - Rendement élevé - Encombrement réduit

Démarrage direct en asynchrone sous tension réduite - Grande capacité de surchage

COMMUTATRICES de toutes puissances

pour la TRACTION, l'ELECTROLYSE et pour toutes autres applications (MÉTALLURGIE, MINES, etc...).

QUELQUES RÉFÉRENCES :

Chemins de fer de l'État : 3 commutatrices hexaphasées de 1000 kw, 300 t : mn, 25 p : s, 600 volts, côté continu.
Arsenal de Sidi-Abdallah : 4 commutatrices hexaphasées de 500 kw, 750 t : mn, 50 p : s, 2 × 125, côté continu.
Tramways de Constantine : 2 commutatrices triphasées de 100 kw, 1500 t : mn, 50 p : s, 550 volts, côté continu.

AGENCES ET DÉPOTS :

BORDEAUX, 62, rue du Palais-Gallien..	Téléph. :	39-62	NANCY, 22, rue Saint-Lambert.....	Téléph. :	19-02
GRENOBLE, 28, rue du Docteur-Mazet..	—	26-73	TOULOUSE, 6, rue de la Concorde.....	—	02-59
LILLE, 31, rue de Puebla.....	—	19-30	LIMOGES, 32, faubourg de Montjovis ...	—	10-59
LYON, 7, rue Grolée.....	—	27-59	ALGER, 28, boulevard Carnot.....	—	21-76
MARSEILLE, 33, rue de la République..	—	31-28	BRUXELLES, 24, av. de l'Hippodrome...	—	0-478
NANTES, 12, quai de Richebourg.....	—	23-55	LUXEMBOURG, Limpertsberg, 11, rue Pierret.		18-37

Digitized by Google

SOCIÉTÉ GÉNÉRALE D'ENTREPRISES

ANONYME AU CAPITAL DE 30 000000 FRANCS

56, Rue du Faubourg-Saint-Honoré — PARIS (8e)

ENTREPRISES GÉNÉRALES EN FRANCE ET A L'ÉTRANGER

Travaux publics

Adduction d'eau

Egouts

Travaux en ciment armé

Constructions industrielles

Électrométallurgie

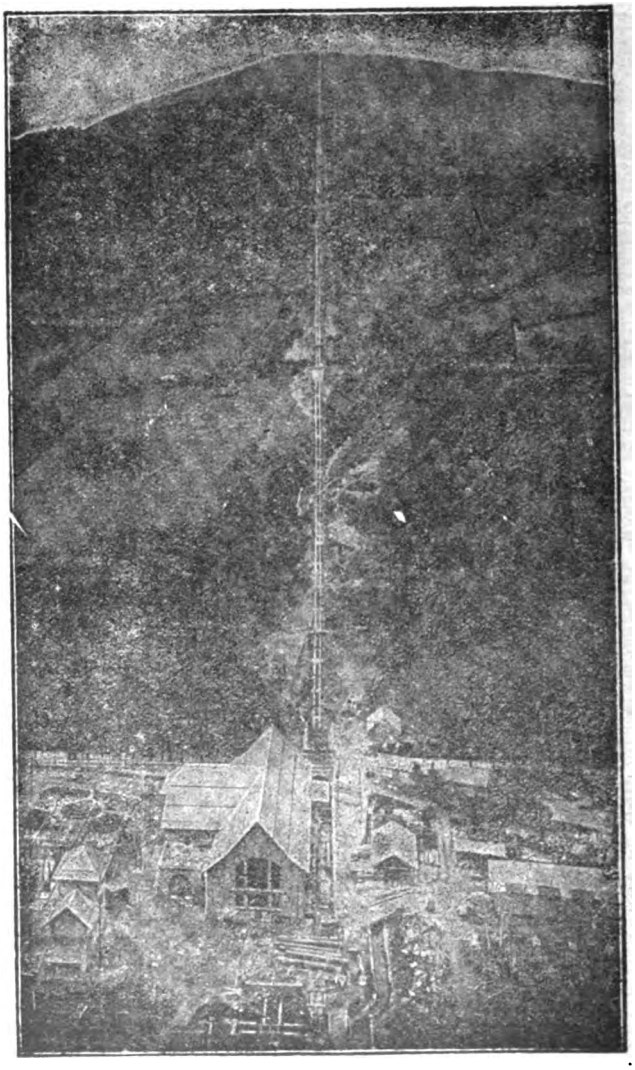
Électrochimie

Travaux maritimes

Canaux

Travaux hydrauliques

Stations centrales hydrauliques et à vapeur



Usine hydro-électrique à Luchon de 25000 ch

Aménagement de chutes d'eau

Grands transports d'énergie à haute tension

Réseaux de distribution d'énergie

Chemins de fer

Routes

Tramways électriques urbains

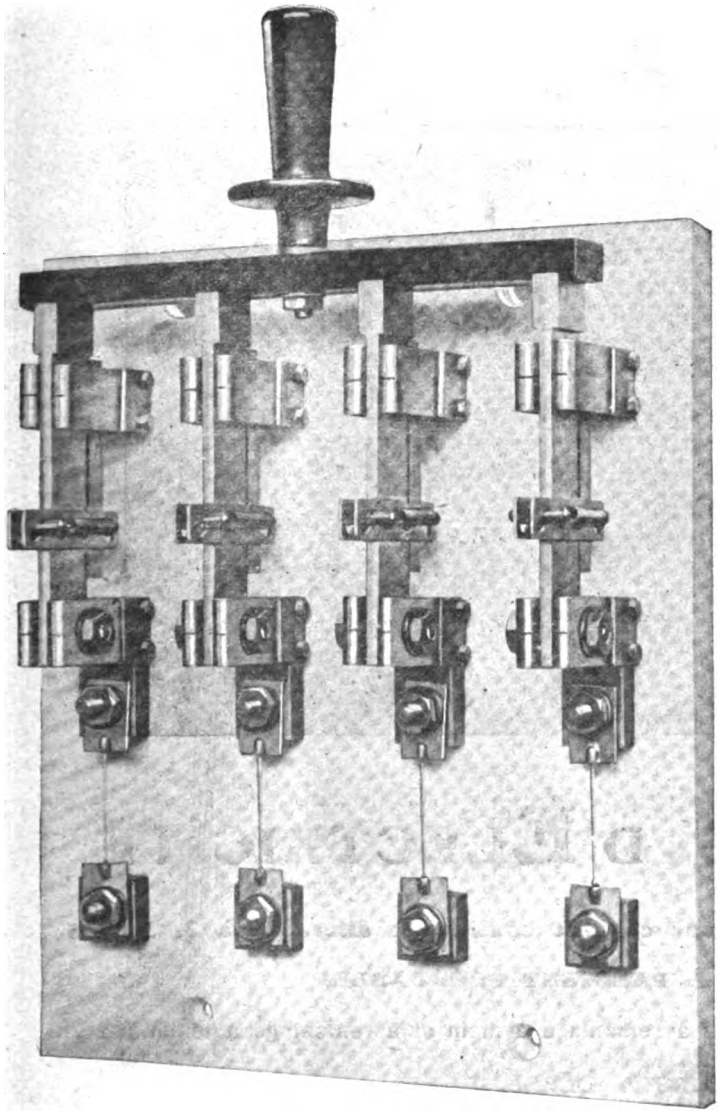
Tramways électriques à courant monophasé à haute tension

Tramways départementaux

Digitized by Google

GARDY

ARGENTEUIL (S.-et-O.)



APPAREILLAGE
POUR TABLEAUX
BASSE TENSION

INTERRUPTEUR
A COUPE-CIRCUITS

TYPE 5303

Digitized by Google

ANCIENNE MAISON MICHEL ET Cie

COMPAGNIE POUR LA

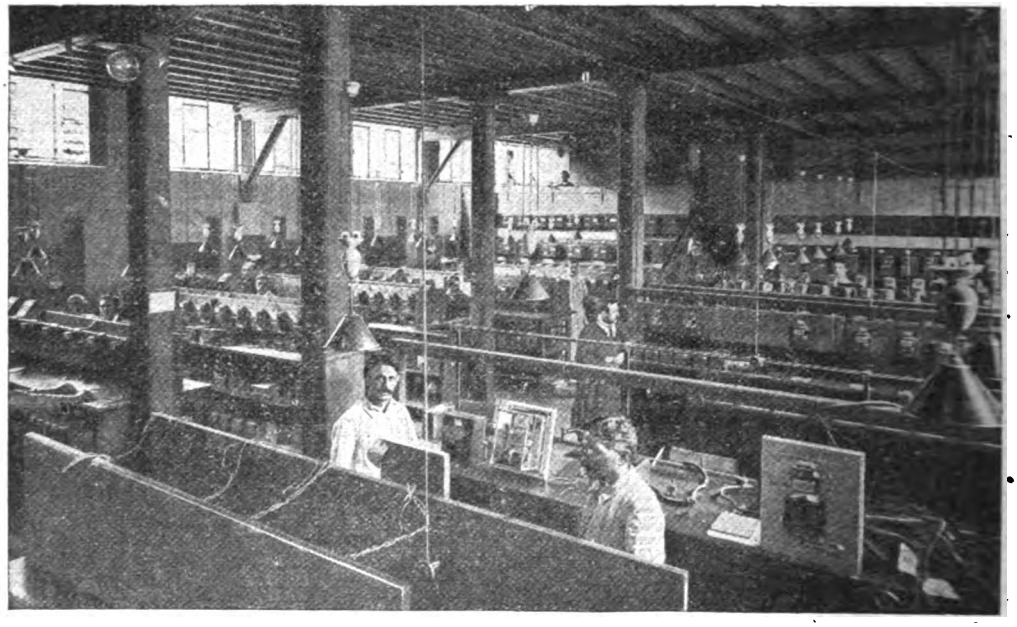
Fabrication des Compteurs

ET MATÉRIEL D'USINES A GAZ

Société anonyme, **Capital : 36 000 000 Francs.**

PARIS — 16 et 18, Boulevard de Vaugirard — PARIS (15e)

Adresse télégraphique : **Compto-Paris.** — *Téléphone :* **Saxe 71-20, 71-21 et 71-22**



COMPTEURS D'ÉLECTRICITÉ

Watt-heuremètres Modèles A et B pour courant continu et alternatif à 2, 3 et 5 fils.

COMPTEURS A PAIEMENT PRÉALABLE

Compteurs à double et à triple tarif à remontage à main et à remontage automatique.

COMPTEURS A DÉPASSEMENT

Compteurs à indicateur de maximum à cadran ou enregistreur.

COMPTEURS POUR TABLEAUX DE DISTRIBUTION

Digitized by Google

SOCIÉTÉ ELECTRIQUE DE NANCY

CAPITAL : 2 500 000 FRANCS

SIÈGE SOCIAL ET USINES :

NANCY — 9, Quai René II — NANCY

Téléphone : 20-28 *Adr. télégr. : Transformateur-Nancy*

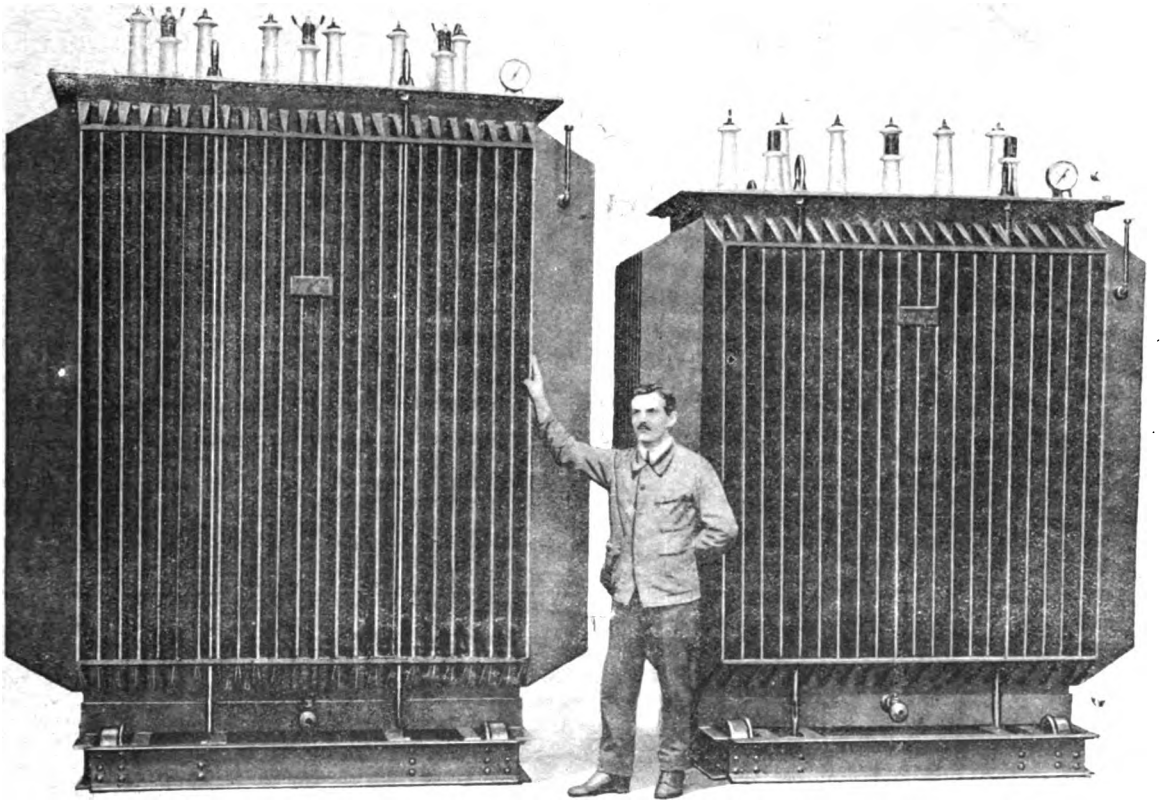
Agences à { **PARIS** : 195, faubourg Saint-Martin (X^e^ arrond.) — **LILLE** : 2 et 4, rue Darwin, à FIVES-LILLE — **BRUXELLES** : 29, boulevard Jamar — **TOULOUSE** : 10 et 12, rue de Constantine — **MARSEILLE** : 28, boulevard d'Athènes — **BARCELONE** : 329, rue Corcega

CONSTRUCTION DE

TRANSFORMATEURS

DE TOUTES PUISSANCES — DE TOUTES TENSIONS
POUR FONCTIONNEMENT EN CABINE OU EN PLEIN AIR

REFROIDISSEMENT NATUREL A AIR OU A BAIN D'HUILE
PAR CIRCULATION D'EAU OU D'HUILE — PAR VENTILATION FORCÉE



Transformateur triphasé 50 p : s, 800 et 1300 kV-A. 30000/6000 volts
± 5 pour 100 à refroidissement naturel

PERTES A VIDE RÉDUITES

CONSTRUCTION MODERNE

VOTRE INTÉRÊT EST DE NOUS CONSULTER

A CHACUN DE VOS BESOINS

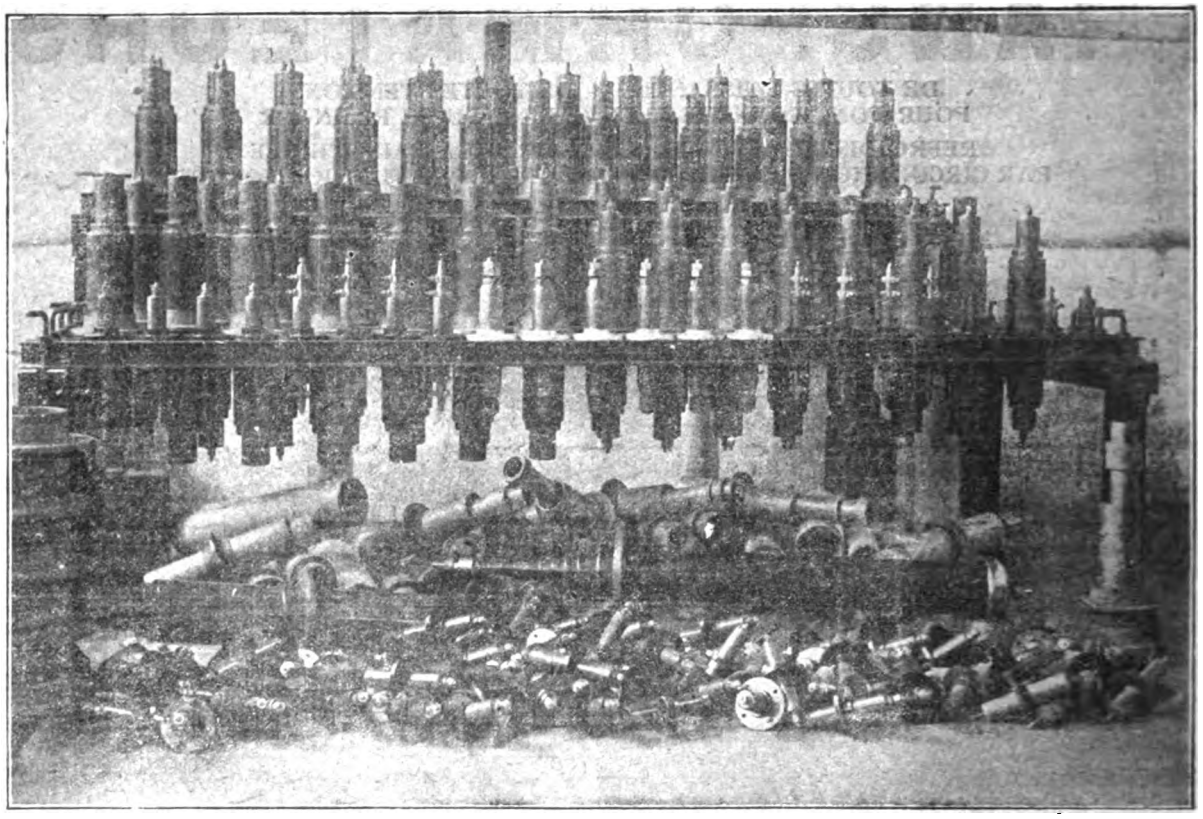
Digitized by Google

ÉMILE HAEFELY & Cie, S.A.

BALE (Suisse)

ADRESSE TÉLÉGRAPHIQUE : "MICARTA-BALE"

Fabrique d'Isolants pour l'Électricité et d'Enroulements haute tension.



BORNES DE TRANSFORMATEURS POUR TOUTES TENSIONS *(Système breveté* HAEFELY) SANS PORCELAINE, NI SCELLEMENTS

Réfection complète des Enroulements de stators d'alternateurs haute tension de puissance et construction quelconques.

Bobines sur gabarits pour machines à encoches ouvertes ou fermées, faites d'avance, compoundées et isolées sur machines spéciales brevetées système HAEFELY.

Réisolation et Compoundage de bobines de stator d'alternateurs quelconques.

Réparation, réfection et modification des enroulements de transformateurs, moteurs et dynamos de construction quelconque.

Bobines de réserve. — Tréfilage et Laminage de cuivre.

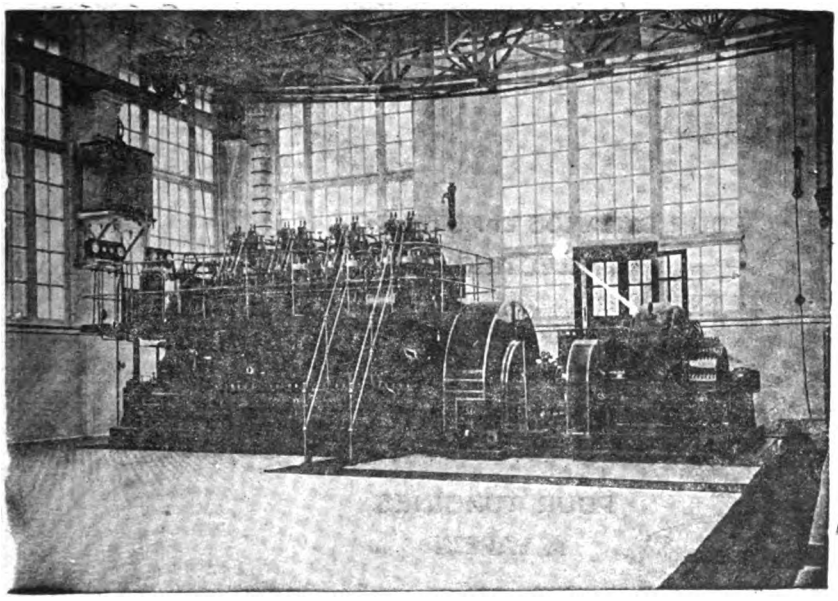
ISOLANTS haute tension, CYLINDRES, TUBES, PLAQUES et BORNES

Digitized by Google

Sté des MOTEURS
CHALÉASSIÈRE
Société anonyme au capital de 4 000 000 Fr
:. SAINT-ÉTIENNE ::

Moteurs à combustion

UNIS
FRANCE



utilisant tous les combustibles liquides :

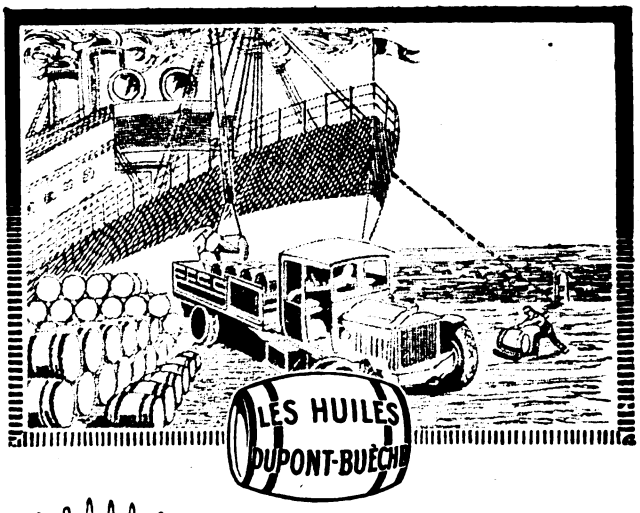
Pétroles
Naphtes
Mazouts
Schistes
Huiles
:: de ::
Houille

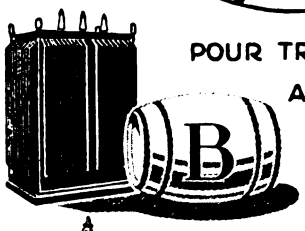
moteurs
: fixes :

GROUPES de SECOURS pour STATIONS HYDRO-ÉLECTRIQUES

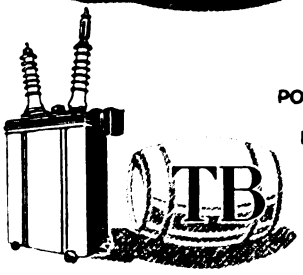
MOTEURS MARINS :-: GROUPES ÉLECTROGÈNES DE BORD

Digitized by Google

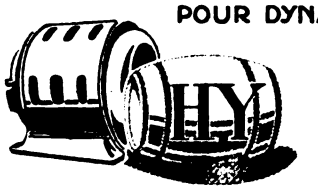




POUR TRANSFORMATEURS
A HAUTE TENSION



POUR DISJONCTEURS
ET INTERRUPTEURS



POUR DYNAMOS ET MOTEURS
ÉLECTRIQUES

POUR TURBINES
A VAPEUR

NOS HUILES RÉPONDENT ENTIÈREMENT AUX
CONDITIONS DU CAHIER DES CHARGES DE
L'UNION DES SYNDICATS DE L'ÉLECTRICITÉ

H. MERCIER & Cie

14, Rue de Liège. PARIS

Digitized by Google

Digitized by Google

RATEAU

POMPES

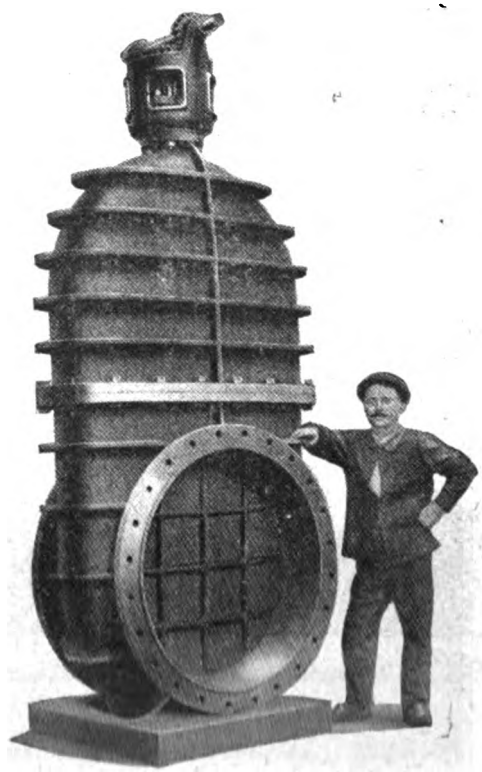
ET

VENTILATEURS

CENTRIFUGES

MACHINES
TOUJOURS DISPONIBLES
EN MAGASIN

ROBINETTERIE GÉNÉRALE
POUR
EAU, GAZ, VAPEUR



Vanne de 1 mètre d'orifice.

TURBINES

SOUFFLANTES

COMPRESSEURS

ACCUMULATEURS

DE VAPEUR

SOCIÉTÉ RATEAU

PARIS (VIIIe), 40, Rue du Colisée, PARIS (VIIIe)

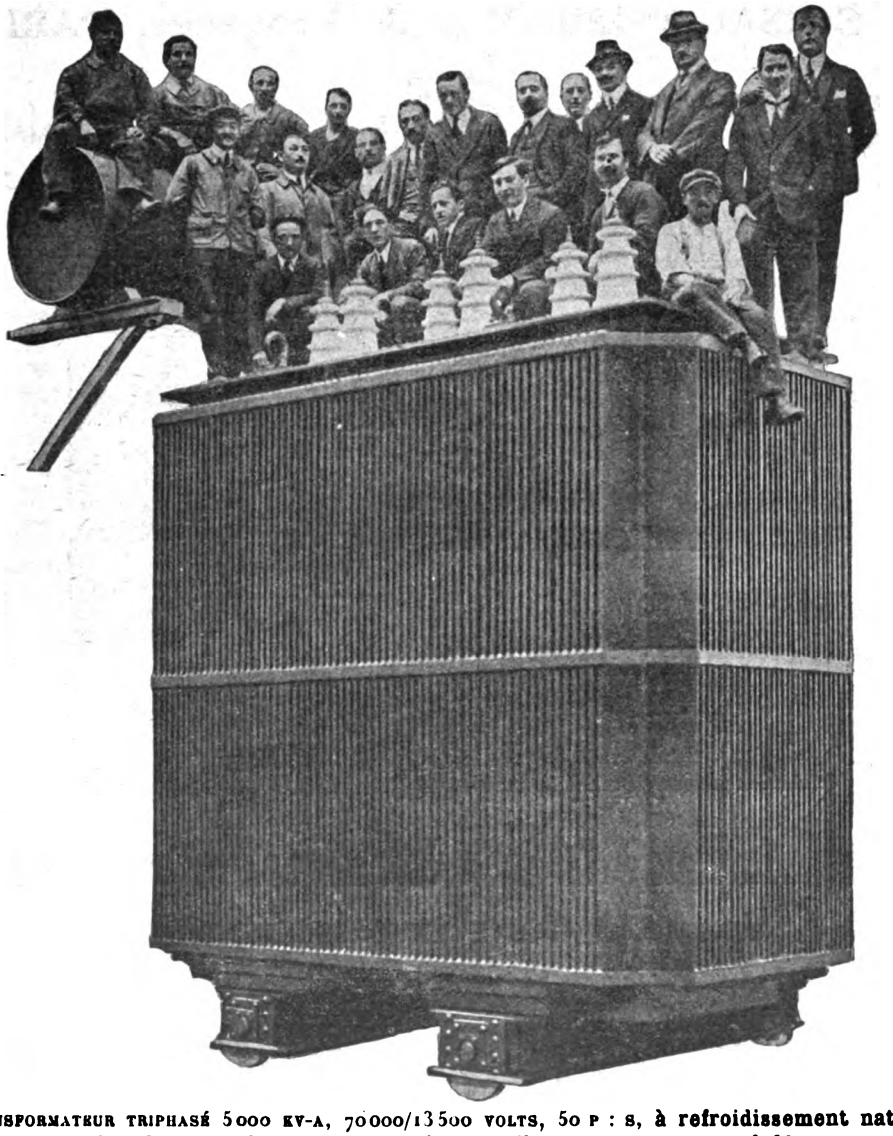
Digitized by Google

STÉ SAVOISIENNE DE CONSTRUCTIONS ÉLECTRIQUES

S. A. au Capital de 2000000 fr. — **AIX-LES-BAINS (Savoie)**

Télégramme : SAVOISIENNE-AIXLESBAINS **Téléphone : N° 120**

UNIQUEMENT SPÉCIALISÉE DANS LA FABRICATION DES TRANSFORMATEURS DE TOUTES PUISSANCES (JUSQU'A 30000 KV-A) ET POUR TOUTES TENSIONS (JUSQU'A 150000 VOLTS) — MONTAGE EN CABINE — MONTAGE SUR POTEAUX MONTAGE A L'EXTÉRIEUR — REFROIDISSEMENT NATUREL A AIR OU A BAIN D'HUILE, PAR CIRCULATION D'HUILE OU D'EAU PAR VENTILATION FORCÉE



TRANSFORMATEUR TRIPHASÉ 5000 KV-A, 70000/13500 VOLTS, 50 P : S, **à refroidissement naturel.**

Le plus grand construit à ce jour en France avec cuve ondulée.

BUREAU à PARIS : 29, rue de Miromesnil. Téléph. : Elysées 65-73.

AGENCES : BORDEAUX : M. J. Larralde, ing., 20, rue des Piliers-de-Tutelle. — **TOULOUSE** : M. Paul E. Niestlé, ing., 27, rue de Metz. — **LILLE** : M. A. Badines, ing. E. P. E. I., 10, rue des Frères-Vaillant. — **LYON** : M. Th. Stahl, ing., 5, cours Morand. — **NANCY** : Agence S.S.C.E., 60, rue de la Commanderie. — **MARSEILLE** : Office électro-mécanique : 20, rue Saint-Ferréol. — **NANTES** : M. E. Perroud, ing., 21, rue Crébillon. — **STRASBOURG** : M. J. Folie, ing., 3, rue Saint-Maurice. — **BELGIQUE** : M. P. Bonamis, ing., 49, boulevard de la Meuse, JAMBES. — **ALGERIE & TUNISIE** : M. C. Thévenet, ing., 3, rue Jean-Macé, ALGER. — **ESPAGNE** : M. Jaime Larre, ing., A. de Corréos, 1066, MADRID; M. Grobety, ing., Rambla de Cataluña, 96, BARCELONE. — **SEVILLE** : Caravaca Electricidad, 15, Calle San Roque.

Digitized by Google

SOCIÉTÉ

des

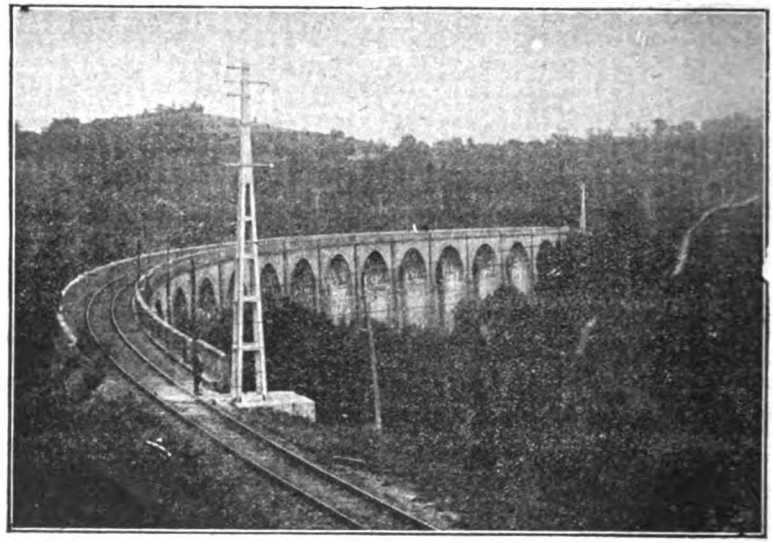
GRANDS RÉSEAUX ÉLECTRIQUES

SOCIÉTÉ ANONYME AU CAPITAL DE 1 000 000 FR.

SIÈGE SOCIAL : 126, Rue de Provence, PARIS (9e)

Téléph. : LOUVRE. 55-37 à 55-39
» CENTRAL. 46-66

Adr. télégr. : GRANRESO-PARIS



Installations complètes d'Usines thermiques et hydro-électriques

RÉSEAUX A HAUTE ET BASSE TENSIONS

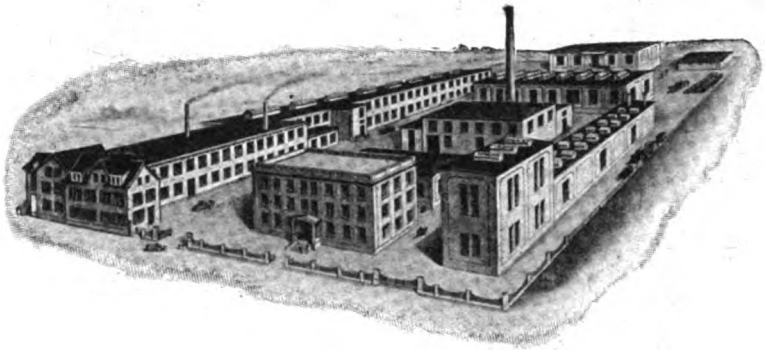
ÉLECTRIFICATION des VOIES FERRÉES

SOUS-STATIONS — LIGNES CATÉNAIRES

PYLONES MÉTALLIQUES — POTEAUX BÉTON ARMÉ

Digitized by Google

USINES DIÉLECTRIQUES DELLE



TÉLÉGRAMMES :
DIÉLECTRIQUES

TÉLÉPHONE : N° 1

SPÉCIALITÉS :

Mica *Mica brut. Rondelles en mica, lames en mica découpées et calibrées.*

Micanite *Micanite en feuilles de grands et petits formats en toute épaisseur. Micanite à mouler. Micanite flexible. Papier-micanite. Toile micanite. Ruban micassé.*

Amberite *calibrée pour collecteurs, en plaques de format normal ou découpées en lames sur dimensions demandées. Ambérite pour chauffage électrique.*

Micafolium *en feuilles et en rouleaux.*

Papier *bakélisé, gommelaqué.*

Plaques Dellite *bakelisées, en toute épaisseur, en plaques de format normal et découpées ou travaillées. Formats jusqu'à 2,50 m × 1,50 m.*

Tubes et cylindres *en papier bakelisé et gommelaqué.*

Toile huilée *jaune et noire. Ruban huilé diagonal et droit. PAPIER HUILÉ. SOIE HUILÉE.*

Pièces moulées *cônes pour collecteurs, tubes, rondelles, bobines, etc.*

Vernis isolants *plastiques et diélectriques, jaunes et noirs. Vernis industriels.*

Fils émaillés *etc., etc.*

Représentant : **M. Marcel CADIOT, 31, rue de Maubeuge, PARIS-10e**

Digitized by Google

SOCIÉTÉ DE CONSTRUCTION ELECTRIQUE

CAPITAL : 3000000 FR.

LYON — 67, Rue Molière, 67 — LYON

Téléphone Vaudrey { 10-63 / 10-83 — *Adresse télégr.* : Conselec-Lyon

ENTREPRISES GÉNÉRALES D'INSTALLATIONS ÉLECTRIQUES

Centrales thermiques et hydrauliques

Sous-stations de transformation

Lignes haute et basse tension

EQUIPEMENT DE RÉSEAUX DE CHEMINS DE FER ET DE TRAMWAYS

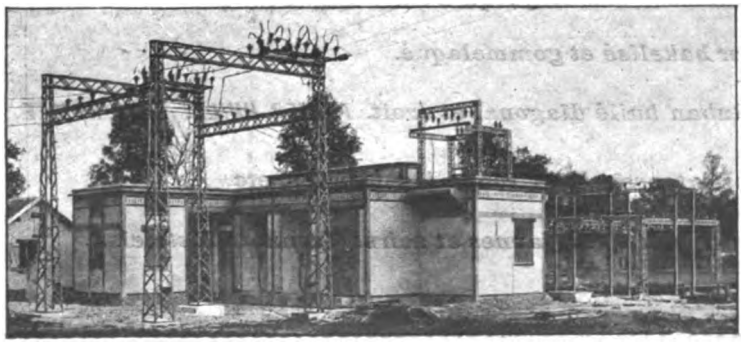
TRACTION ÉLECTRIQUE

Electrification complète de Villes, Usines, Mines, etc.

TABLEAUX ET PUPITRES DE DISTRIBUTION

Protection des centrales, réseaux, etc. (Appareils "Capart")

MOTEURS pour courant alternatif



POSTE D'ÉTAT DE BAZANCOURT — 45000 15750 VOLTS

GROUPES MOTO-POMPES
SIRÈNES ÉLECTRIQUES
MOTEURS POUR MÉTIERS A TISSER
MOTEURS A DEUX VITESSES

Appareillage électrique industriel

Bureau à PARIS :
35, Rue de Naples - Tél. Wag 33-41

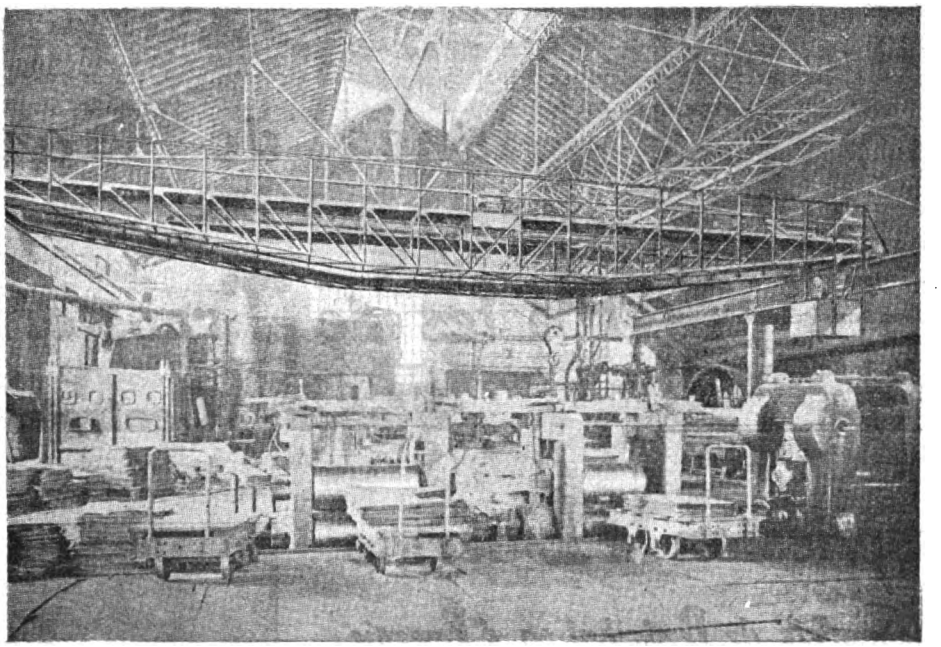
Agences à :
LILLE, BORDEAUX, MARSEILLE, NANTES, STRASBOURG, ORAN, BARCELONE et BUENOS-AYRES

Digitized by Google

APPAREILS de LEVAGE
ET DE
MANUTENTION
DE TOUS GENRES

Société de Construction d'Appareils de Levage

78, RUE **VITRUVE** PARIS (XX°)



Pont roulant électrique de 10 tonnes, portée 21,07 m.

APPAREILS SPÉCIAUX POUR TOUTES INDUSTRIES
TRANSPORTEURS CONTINUS - ÉLÉVATEURS
CHEMINS DE FER AÉRIENS SUR CABLES
(Système J. RICHARD)

CHARPENTE et GROSSE CHAUDRONNERIE : Usine à ROUSIES (Nord)

Digitized by Google

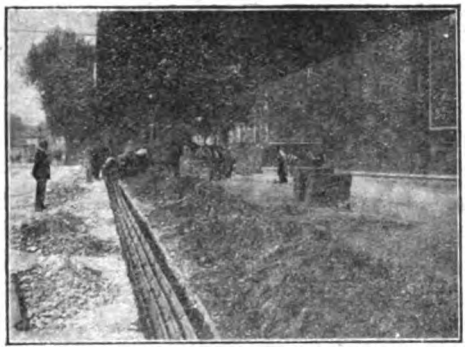
SOCIÉTÉ PARISIENNE

POUR L'INDUSTRIE DES CHEMINS DE FER ET DES TRAMWAYS ÉLECTRIQUES

SOCIÉTÉ ANONYME — CAPITAL : 50 MILLIONS DE FRANCS

SIÈGE SOCIAL et BUREAUX : 75, boulevard Haussmann, PARIS (8e)

TÉLÉPHONE : CENTRAL 34-10, 25-17 — ADRESSE TÉLÉGRAPHIQUE : **PARELECOP-PARIS**



Pose de canalisations électriques souterraines pour le compte de la Cie du Chemin de fer Métropolitain de Paris.

Traction Électrique

Lignes de Contact

Postes de Transformation

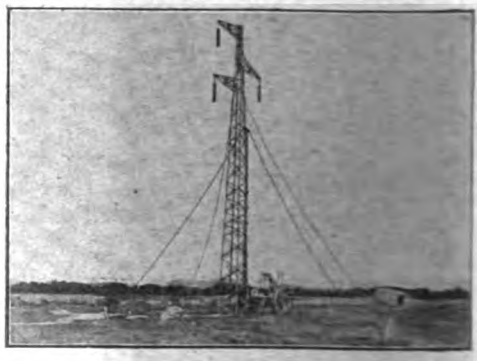
Stations Centrales

Transmission d'Énergie

Réseaux Complets de Distribution d'Énergie

Canalisations Électriques

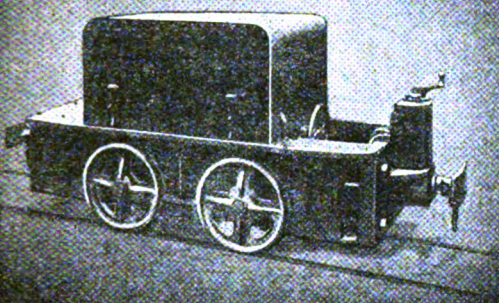
Embranchements et Raccordements Industriels



Lignes à 150 000 volts de la Cie des Chemins de fer du Midi. Levage d'un pylône d'alignement.

ÉTUDES ET DEVIS GRATUITS SUR DEMANDES

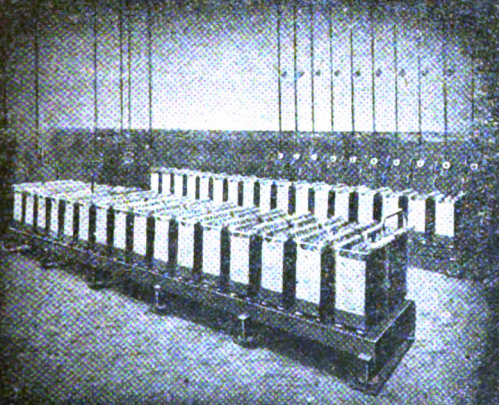
Digitized by Google



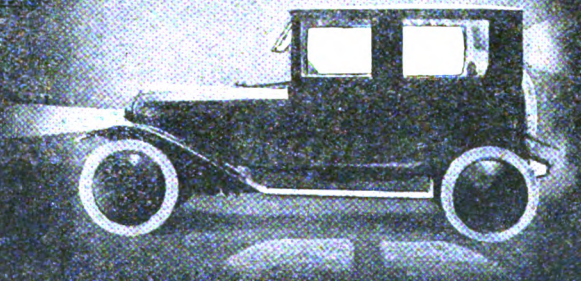
TRACTION

T. S. F.

ACCUMULATEURS DININ



POSTE FIXE



AUTOMOBILE

SOCIÉTÉ DES ACCUMULATEURS ELECTRIQUES

(Anciens Etablissements ALFRED DININ)

Capital 6 Millions

NANTERRE (Seine)

Digitized by Google

ISOLATEURS CANADIENS HAVILAND

BUREAUX :
3, Rue Taitbout, PARIS (9e)

USINES :
A LIMOGES

ISOLATEUR N° 2860
EFFORT DE RUPTURE : 7000 KG

LES IMPORTANTES USINES DU **MAS-LOUBIER (Limoges)**
ENTAMENT LA FABRICATION DES

ISOLATEURS HAUTE TENSION

D'APRÈS LES DERNIERS PROCÉDÉS DUS A LA
TECHNIQUE AMÉRICAINE

LES 12 GRANDS FOURS
AFFECTÉS A CETTE FABRICATION
PRODUISENT CHAQUE JOUR :

3000 ISOLATEURS COMPLETS

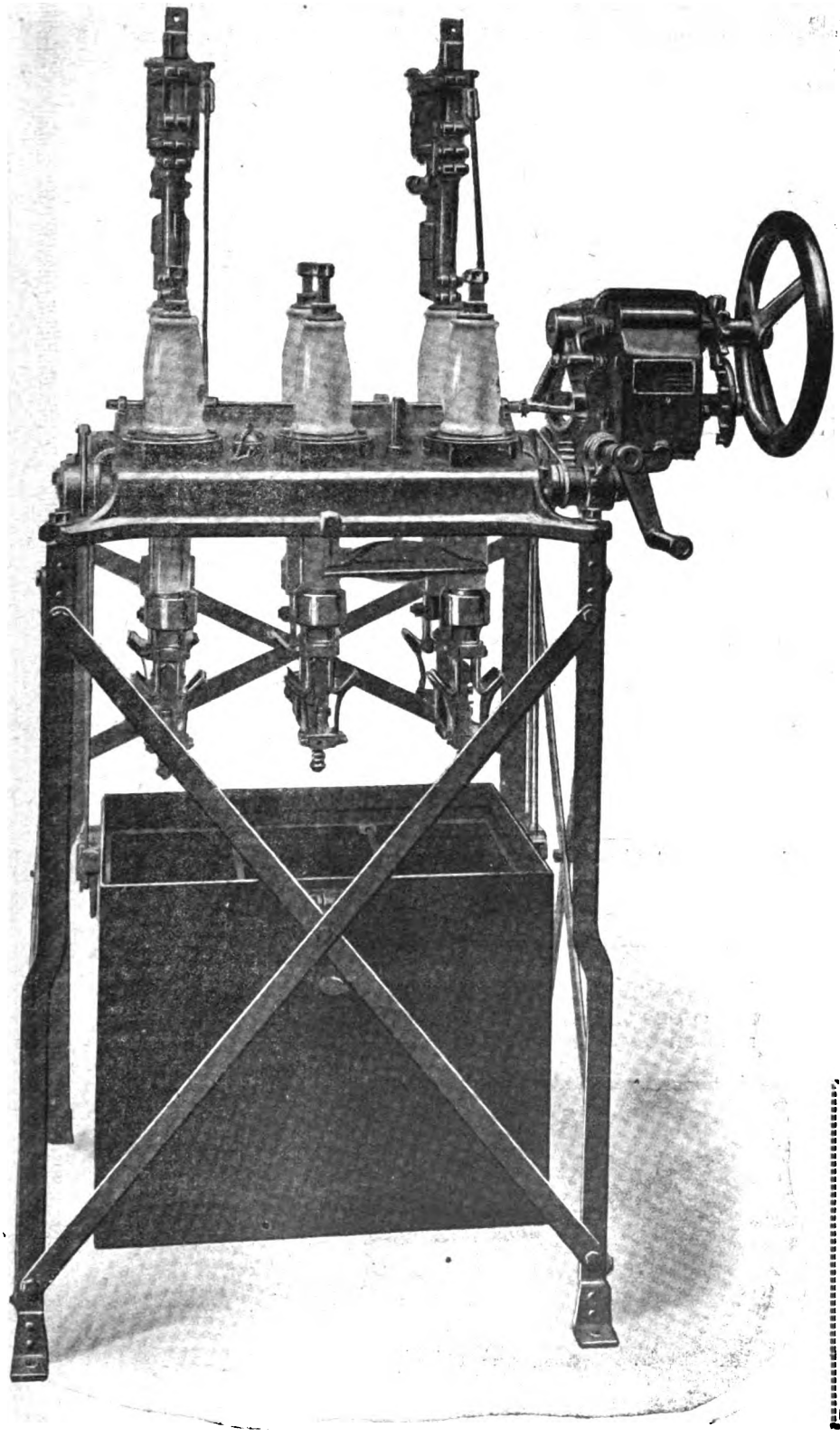
L'IMMENSE RÉPUTATION DES **USINES HAVILAND**
EST LA MEILLEURE GARANTIE POUR LES ACHETEURS

ISOLATEUR N° 492
POUR TENSION DE 66000 VOLTS

Adresser toute la Correspondance **ISOLATEURS CANADIENS HAVILAND,** 3, Rue Taitbout, **Paris** - Téléph. : Louvre 44-55

Digitized by Google

APPAREILLAGE VEDOVELLI



DISJONCTEUR NEOSTYLE "CARTER"

15 000 Volts
48 000 kV-A

Contacts à Paillettes ou à Balais;
Double rupture;
Treuil de descente du bac;
Entrées de câbles interchangeables.

NOUVEAUTÉS :

FERMETURE BRUSQUE
Pare-étincelles à détente;
Déclanchement par manque d'huile;
Bac cloisonné à MATELAS d'huile.

DEMANDEZ RENSEIGNEMENTS A

LA MÉTALLURGIQUE ÉLECTRIQUE

14, Rue Taitbout, PARIS

UNIS M.E FRANCE

Digitized by Google

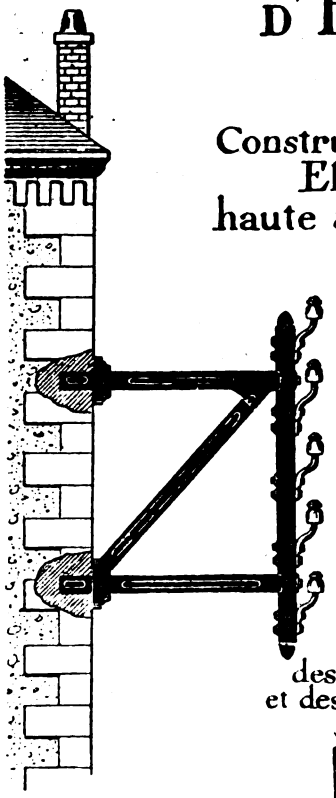
Etablissements Desaulty.

13, rue de Longueville
St QUENTIN (Aisne)
Téléph. : n° 1

11, rue de Provence
PARIS (9e)
Téléph. : Bergère 56-06

ENTREPRISE GÉNÉRALE D'ELECTRICITE

Construction des lignes de transport d'Energie Electrique, Aérienne, Souterraine, haute & basse tension sur Pylônes en béton armé Métalliques, bois, etc...

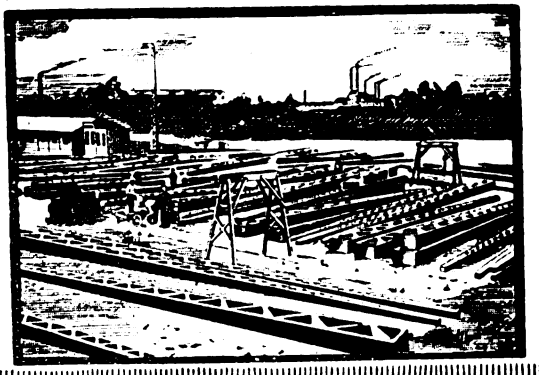


INSTALLATIONS CENTRALES

CANALISATION ELECTRIQUE DES VILLES

POSTES DE TRANSFORMATION

Chantiers de Construction des Pylônes types "Zig-Zag" (Systèmes B^tés S.G.D.G.) et des Consoles en béton armé pour basse tension



NOMBREUSES VILLES CANALISEES avec les CONSOLES EN BÉTON ARMÉ Avantages considérables sur CONSOLES METALLIQUES

NOMBREUSES LIGNES EN SERVICE avec le POTEAU "Zig-Zag"

Chantiers de Construction à Tergnier & à Nanteuil (Aisne)

G. Thebault PARIS

Digitized by Google

L'APPAREILLAGE ELECTRIQUE INDUSTRIEL

C. H. CHEVEAU & Cie

16, Rue Oberkampf **PARIS** (XIe)

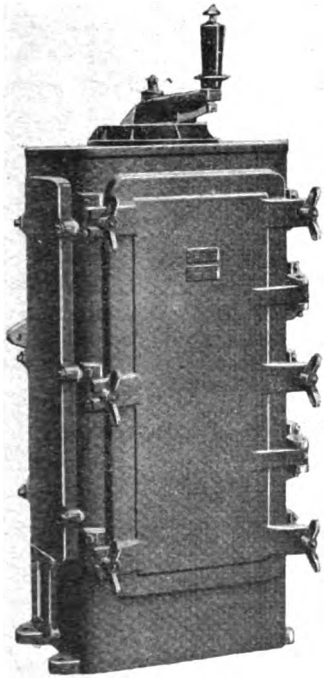
USINES A PARIS ET A MONTCEAU-LES-MINES (S.-ET-L.)

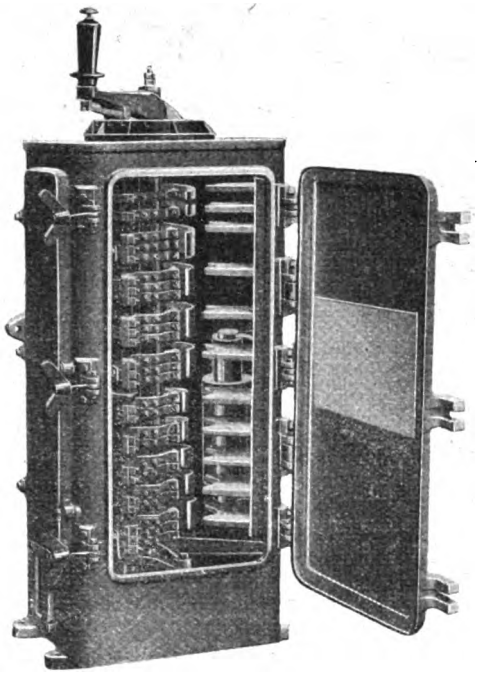
Téléphone : Roquette 09-44
Adr. télégr. : Lapelindal-Paris

Controllers

pour toutes

Applications :





Appareils de levage

Mines

Métallurgie

Constructions navales

Les figures ci-contre représentent un controller spécial pour Equipement de Treuils de bord exécuté en construction blindée ÉTANCHE A LA LANCE livré en 46 exemplaires à une importante Société de Constructions navales.

-:- *AGENCES* -:-

LILLE...	**MM. BECEL & Cie**, 30, Rue Lepeletier, LILLE (Nord). — Téléph. : 11-10; Adr. télégr. : Dynamo-Lille.
STRASBOURG ...	**M. A. SCHEFFER**, 9, Place Kléber, STRASBOURG. — Téléph. : 27-06 ; Adr. télégr : Kilowatt-Strasbourg.
BORDEAUX. ...	**M. R. DURANDEAU**, Ing. I.E.G., 7, Rue Guillaume-Brochon, BORDEAUX. — Téléph. : 59-68.
NANTES	**M. Albert FOLLENFANT**, 2, Rue Regnard, NANTES (Loire-Inférieure).
BRUXELLES ...	**M. Philippe BÈDE**, 69, Rue Faider, BRUXELLES. — Téléph. : 131-72; Adr télégr. : Bedelec-Bruxelles

Digitized by Google

Société française des Constructions Babcock et Wilcox

Société anonyme au Capital de 12000000 francs.

Siège social : 48, rue La Boétie, PARIS (8e)

Ateliers : **LA COURNEUVE** (Seine)

CHAUDIÈRES

BABCOCK & WILCOX

GRILLES MÉCANIQUES SOUFFLÉES pour tous Combustibles

SURCHAUFFEURS — ÉCONOMISEURS — TUYAUTERIES

MANUTENTION MÉCANIQUE — ASPIRATION PNEUMATIQUE DES MACHEFERS

AU 31 DÉCEMBRE 1920

25000000 mètres carrés de surface de chauffe

INSTALLÉS DANS LE MONDE ENTIER TANT A TERRE QU'A BORD

CONSTRUCTION FRANÇAISE

LIVRAISONS RAPIDES

Devis et Propositions

sur demande adressée au *SIÈGE SOCIAL* : 48, Rue La Boétie, PARIS (VIIIe)

Digitized by Google

SOCIÉTÉ FRANÇAISE
RADIO-ÉLECTRIQUE

Société anonyme au capital de 12000000 fr

Siège social : 79, boulevard Haussmann, PARIS (8e)

TÉLÉPHONE : LOUVRE 01-21, 01-22 — ADRESSE TÉLÉGR. : TÉLONDE-PARIS

COMPAGNIES ASSOCIÉES :

Cie Gle de TÉLÉGRAPHIE sans FIL
79, boulevard Haussmann, PARIS
SOC. ANONYME AU CAPITAL DE 50000000 FR

Cie RADIO-MARITIME
79, boulevard Haussmann, PARIS
SOC. ANONYME AU CAPITAL DE 5000000 FR

Cie RADIO-FRANCE
79, boulevard Haussmann, PARIS
SOC. ANONYME AU CAPITAL DE 60000000 FR

MATÉRIEL RADIO-ÉLECTRIQUE de toutes puissances jusqu'à 2000 KILOWATTS

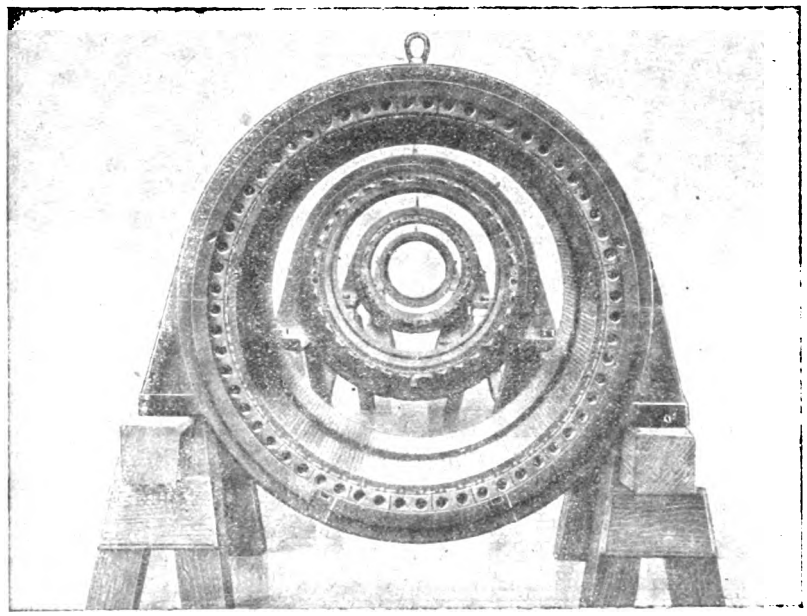
RADIOGONIOMÉTRIE
RADIOTÉLÉPHONIE
MATÉRIEL D'AMATEUR

ALTERNATEURS
A HAUTE FREQUENCE
DE TOUTES PUISSANCES

STATIONS FIXES
ET
TRANSPORTABLES

EMISSIONS EN ONDES ENTRETENUES PAR TUBES A VIDE

ARCS
=
SERVICE EN MULTIPLEX



Stators pour alternateurs à haute fréquence
(*d'avant en arrière :* 500, 250, 50 et 25 kw)

EMISSIONS MUSICALES
=
ÉMISSION ET RÉCEPTION SIMULTANÉES

RÉCEPTION AUTOMATIQUE A GRANDE VITESSE

USINES de PYLONES à Lyon-Venissieux (Rhône)

ATELIERS de MATÉRIEL ÉLECTRIQUE à Belfort (S. A. C. M.)

USINES RADIO-ÉLECTRIQUES à Levallois et Suresnes (Seine)

Digitized by Google

AUGMENTEZ la Production de vos Usines

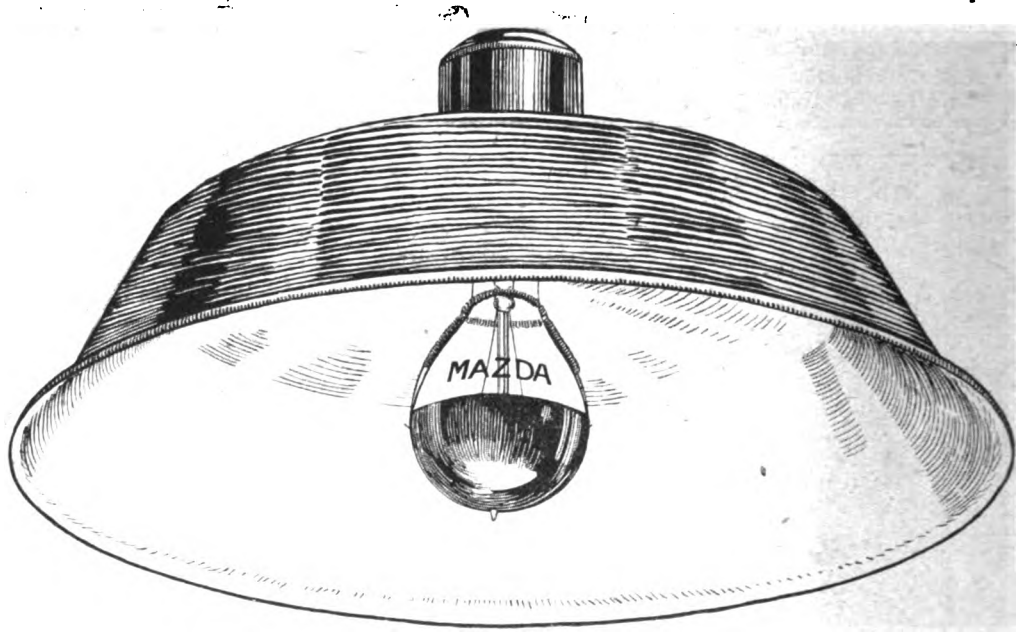
EVITEZ les Accidents de Personnel

SUPPRIMEZ les Détériorations de Matériel

en vous éclairant mieux

avec des

RÉFLECTO-MAZDA



équipés avec

des LAMPES MAZDA

Digitized by Google

SOCIÉTÉ D'USINAGE DE MATÉRIEL ELECTRIQUE

Société Anonyme au Capital de 2.415.000 Francs — SIÈGE SOCIAL : 9, RUE BOISSY-D'ANGLAS. PARIS

TÉLÉGRAMMES : SUSIMAEL, BOULOGNE-SUR-SEINE

TÉLÉPHONE : AUTEUIL { 12·22 / 14·68

USINE ET SERVICE COMMERCIAL
26, RUE GAMBETTA
BOULOGNE - SUR - SEINE

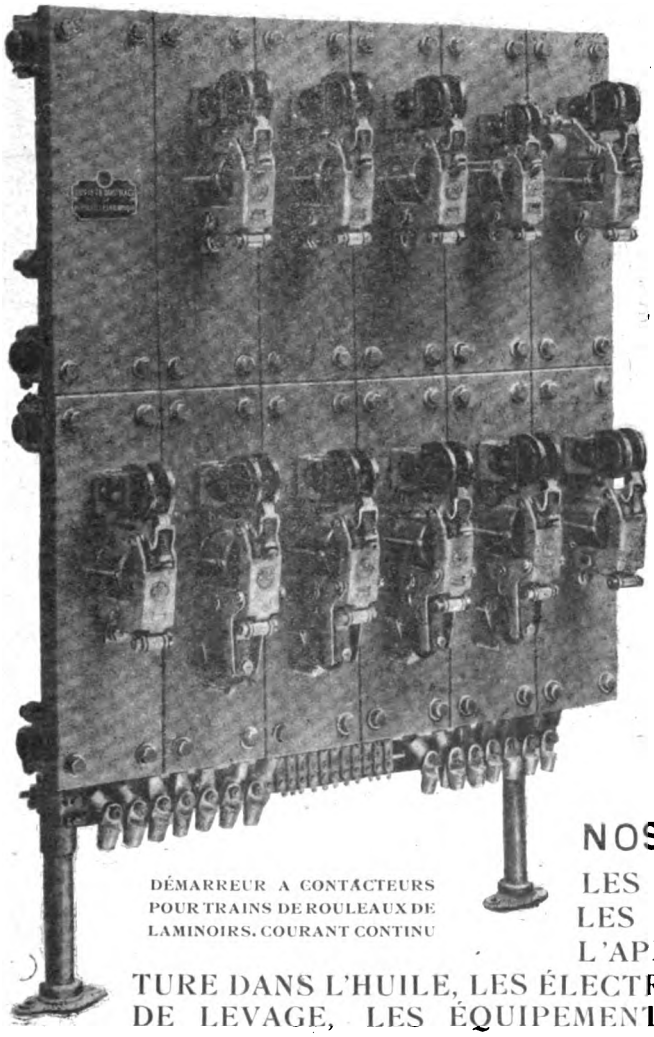
SJME

EXPLOITATION DES PROCÉDÉS ALLEN WEST

DÉMARREURS A CONTACTEURS

POUR LA COMMANDE AUTOMATIQUE OU SEMI-AUTOMATIQUE D'APPAREILS DE LEVAGE, AUXILIAIRES DE LAMINOIRS, POMPES, COMPRESSEURS &

POUR TOUTES APPLICATIONS INDUSTRIELLES
COURANT CONTINU OU COURANT ALTERNATIF



DÉMARREUR A CONTACTEURS POUR TRAINS DE ROULEAUX DE LAMINOIRS, COURANT CONTINU

RETENEZ BIEN LES SIX POINTS SUIVANTS :

1. Les pièces des carcasses sont en tôle d'acier estampé. Aucune pièce des contacteurs n'est en fonte.
2. Les bobines sont prévues pour service continu et pour les tensions d'alimentation, permettant ainsi la suppression de résistances additionnelles.
3. Il n'est fait usage pour l'accélération d'aucun petit contact, source continuelle d'ennui.
4. Les contacteurs enclenchent avec sûreté avec une variation de tension de ± 20 % et sans qu'aucune modification ne soit apportée dans le réglage du démarrage automatique.
5. Les résistances utilisées avec les contacteurs sont en tôle d'acier estampé, elles sont incassables, inoxydables et sont assemblées en vue de résister aux fortes vibrations.
6. Toutes les pièces sujettes à l'usure sont aisément remplaçables.

NOS AUTRES SPÉCIALITÉS SONT

LES CONTROLEURS A TAMBOUR, LES DÉMARREURS A LIQUIDES, L'APPAREILLAGE BLINDÉ A RUPTURE DANS L'HUILE, LES ÉLECTROS DE FREIN, LES ÉLECTROS DE LEVAGE, LES ÉQUIPEMENTS ÉLECTRIQUES POUR LA

MARINE, LES MINES ET LA MÉTALLURGIE

POUR TOUS RENSEIGNEMENTS CONSULTER NOTRE SERVICE A

Digitized by Google

"L'Aluminium Français"

Société anonyme au Capital de 15000000 Francs

Siège social : 12, Rue Roquépine, PARIS (8e)

Adresse Télégraphique :
ALUMIFRANC-PARIS

Téléphone : ELYSÉES 30-20, 30-21
Inter : ELYSÉES 97

Aluminium et Alliages d'Aluminium

en

LINGOTS -- BANDES -- TÔLES -- DISQUES -- TUBES

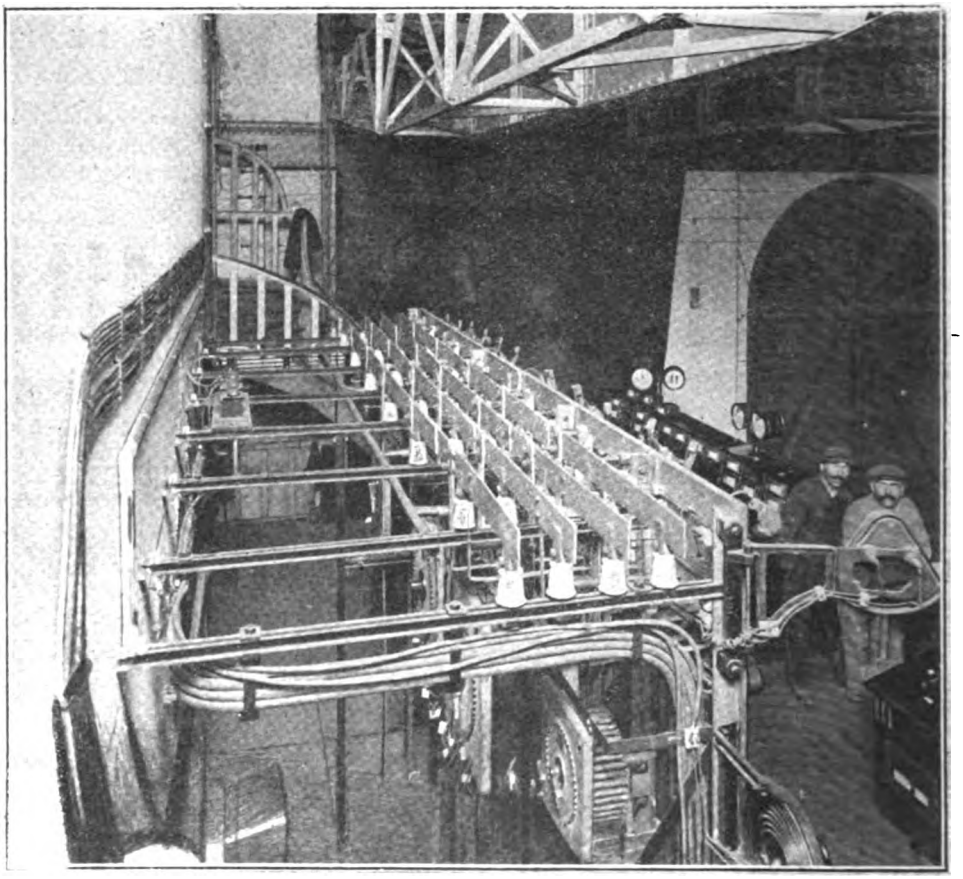


TABLEAU BASSE TENSION EN ALUMINIUM
(Usine du Rivier d'Allemont)

Conducteurs Électriques d'Aluminium

et

d'Aluminium-Acier

RENSEIGNEMENTS ~~~ ÉTUDES ~~~ DEVIS

Digitized by Google

CABLES & FILS

ÉLECTRIQUES ISOLÉS

Câbles à haute tension
Câbles téléphoniques et télégraphiques
Câbles sous-marins
Accessoires

PIRELLI & C. MILANO

ITALIE

CAPITAL : 120 000 000 LIRES

PNEUMATIQUES et BANDAGES PLEINS

Tous articles en caoutchouc et ébonite

ÉTABLISSEMENTS :

ITALIE (*Milan ville — Milan Bicocca — Vercurago — Spezia*)
ESPAGNE (*Villanueva y Geltrù*) — ANGLETERRE (*Southampton*)
ARGENTINE (*Buenos-Ayres*)

EN FRANCE :

SOCIÉTÉ FRANÇAISE PIRELLI

BUREAUX ET MAGASINS :
24, boul. de Villiers, LEVALLOIS-PERRET (Seine)
Téléphone : Wagram 82-96, 58-85
Adresse télégraphique : Pirelli-Levallois

P C M

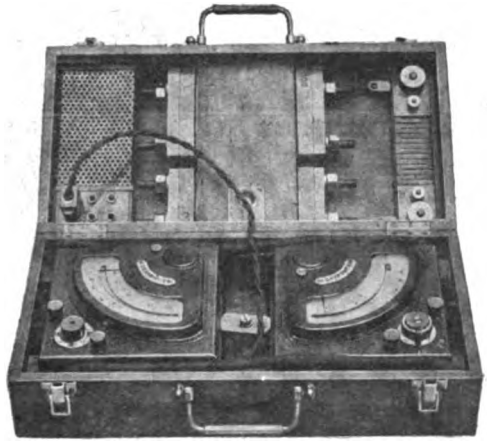
SALON D'EXPOSITION :
63, avenue des Champs-Elysées, PARIS (8e)
Téléphone : Elysées 55-72

Digitized by Google

INSTRUMENTS DE MESURES ÉLECTRIQUES

J. CARPENTIER

20, rue Delambre, PARIS (14e) — Téléph. : SAXE 05-65



Boîte de contrôle électromagnétique pour courants continu et alternatif.

APPAREILS de TABLEAU et de CONTROLE

(courant continu et alternatif)

Ampèremètres, voltmètres, wattmètres, fréquencemètres, phasemètres, synchronoscopes, enregistreurs, appareils portatifs, boîtes de contrôle.

MESURE des ISOLEMENTS et des RÉSISTANCES

Ohmmètres, logomètres.

APPAREILS de PYROMÉTRIE

Couples thermo-électriques, cannes, pyromètres de tableau et de contrôle.

APPAREILS de LABORATOIRES

Oscillographes, ponts de Wheatstone, boîtes de résistance, potentiomètres, électromètres pour toutes tensions, galvanomètres de tous systèmes, appareils pour essais magnétiques des fers, manographes, acromètres.

APPAREILS de TÉLÉGRAPHIE

Télégraphe BAUDOT

Grille automatique à chaine

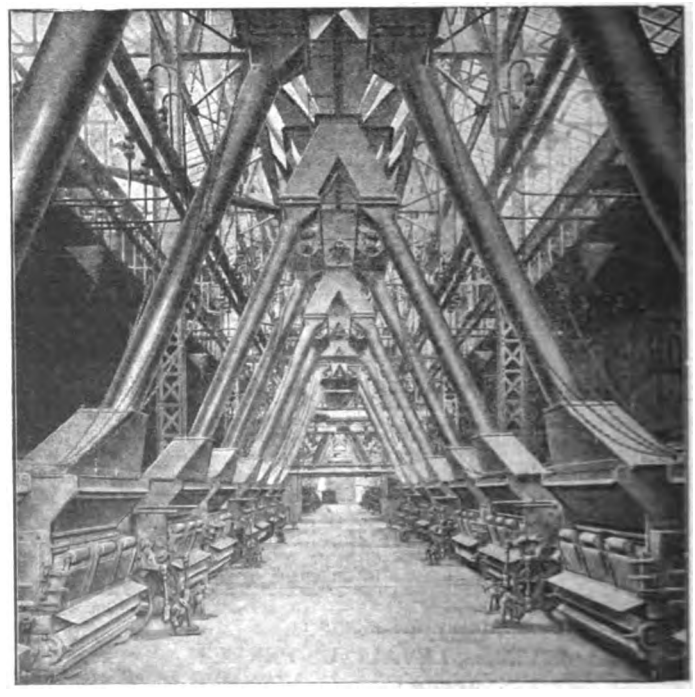
"WECK-HOTCHKISS"

LA PLUS PERFECTIONNÉE
ET LA PLUS SURE

SOCIÉTÉ ANONYME DES ANCIENS ÉTABLISSEMENTS

HOTCHKISS & Cie

6, ROUTE DE GONESSE
SAINT-DENIS (SEINE)



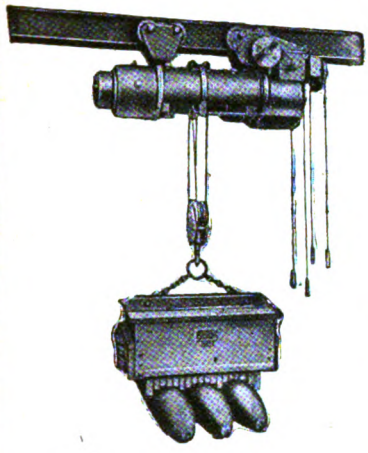
Vue d'ensemble d'une chaufferie comprenant 32 Grilles automatiques « Weck-Hotchkiss ».

Digitized by Google

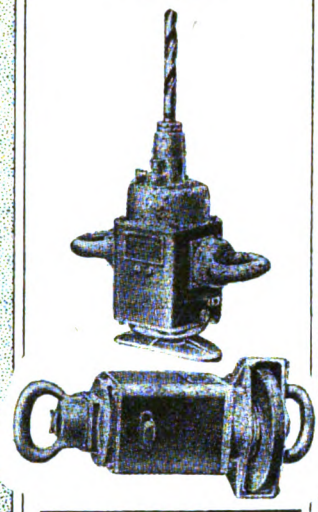
AGENCE DE PARIS :
M. VIGUERIE
14, Rue Angélique Verien
NEUILLY-Porte-Maillot
Téléphone Neuilly 16-10

Laurent COUFFINHAL
St-ÉTIENNE (LOIRE)
FOURNISSEUR DE LA MARINE DE LA GUERRE, DES CHEMINS DE FER &
UNIS-FRANCE

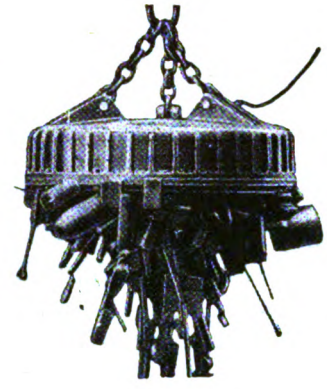
Agence de Marseille :
M. SERIEYE
61, Rue de la Réoublique
MARSEILLE
Téléphone 62-97



PALANS ET CHARIOTS MONORAILS
A COMMANDE ÉLECTRIQUE
POUR 500, 1 000, 2 000 ET 4 000 KILOGRAMMES
Demander Notice et Catalogue D



OUTILLAGE ÉLECTRIQUE
PORTATIF
PERCEUSES ET MEULES A MAINS
Demander Catalogue C



ÉLECTROS-AIMANTS DE LEVAGE A SURFACE
D'ADHERENCE PLANE
ET A DOIGTS MAGNETIQUES MOBILES
Demander Notice et Catalogue D

PUBLICITÉ HONORÉ. LYON

MANUFACTURE DE RUBANS

H. GALLANT & Cie

de COMINES (Nord).

BERNAY de l'EURE — *Téléphone N° 14*

RUBANS ISOLANTS POUR L'ÉLECTRICITÉ

JACONAS, SERGÉS, TUBULAIRES

FOURNISSEUR DES MINISTÈRES ET DES PRINCIPALES ADMINISTRATIONS

MAISON FONDÉE EN 1796

Digitized by Google

ÉTABLISSEMENTS

DELAUNAY BELLEVILLE

Société anonyme au Capital de 25000000 francs

Ateliers et Chantiers de l'Ermitage, à SAINT-DENIS (Seine)

GENERATEURS BELLEVILLE

10 000 000 chevaux-vapeur en service

NOUVELLE CHAUDIÈRE A GRAND VOLUME D'EAU

POUR TOUTES APPLICATIONS INDUSTRIELLES

TYPES SPÉCIAUX POUR CENTRALES ÉLECTRIQUES

Jusqu'à 60 000 kilogrammes de vapeur par chaudière et par heure.

MOTEURS SEMI-DIESEL

Licence "Tuxham"

DE 7 A 200 CHEVAUX

APPLICATIONS SPÉCIALES AUX GROUPES ÉLECTROGENES

-:- *Étude gratuite de tous Projets et Devis* -:-

Digitized by Google

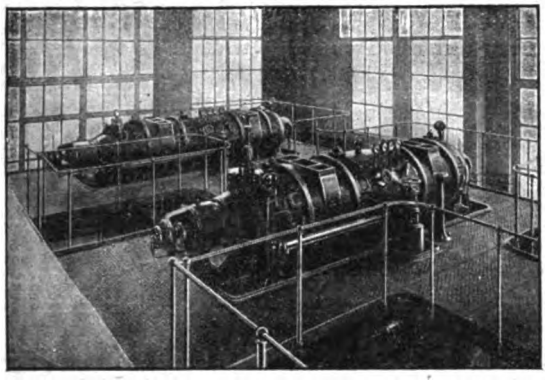
Anciens Établissements SAUTTER-HARLE

SOCIÉTÉ ANONYME AU CAPITAL DE 8 000 000 FRANCS

UNIS FRANCE 1 18

16 et 26, av. de Suffren
PARIS (15e)

Téléph. : Saxe 11-55



Station centrale
avec Groupes électrogènes à TURBINE RADIALE à double rotation *Système Ljungström* construits dans les Ateliers SAUTTER-HARLÉ.

GROUPES POUR LA PROPULSION ÉLECTRIQUE DES NAVIRES

TURBINES LJUNGSTRÖM

à très faible consommation de vapeur.

fin 1920 :

700000 ch environ de **TURBINES LJUNGSTRÖM** livrées ou en construction dont

600000 ch environ construits hors de France et

100000 ch environ construits en France dans les Ateliers ***SAUTTER-HARLÉ***

POMPES CENTRIFUGES - COMPRESSEURS D'AIR CENTRIFUGES
COMPRESSEURS D'AIR à piston à haute et à basse pression.
MACHINES ÉLECTRIQUES - MOTEURS à vapeur et à pétrole.
APPAREILS DE LEVAGE - TREUILS électriques et à bras.
MACHINES FRIGORIFIQUES - PHARES & SIGNAUX SONORES

LE FIL DYNAMO

SOCIÉTÉ ANONYME

TOUS FILS ET CABLES POUR L'ÉLECTRICITÉ

USINE ET BUREAUX :

71, rue du Quatre-Août, LYON-VILLEURBANNE

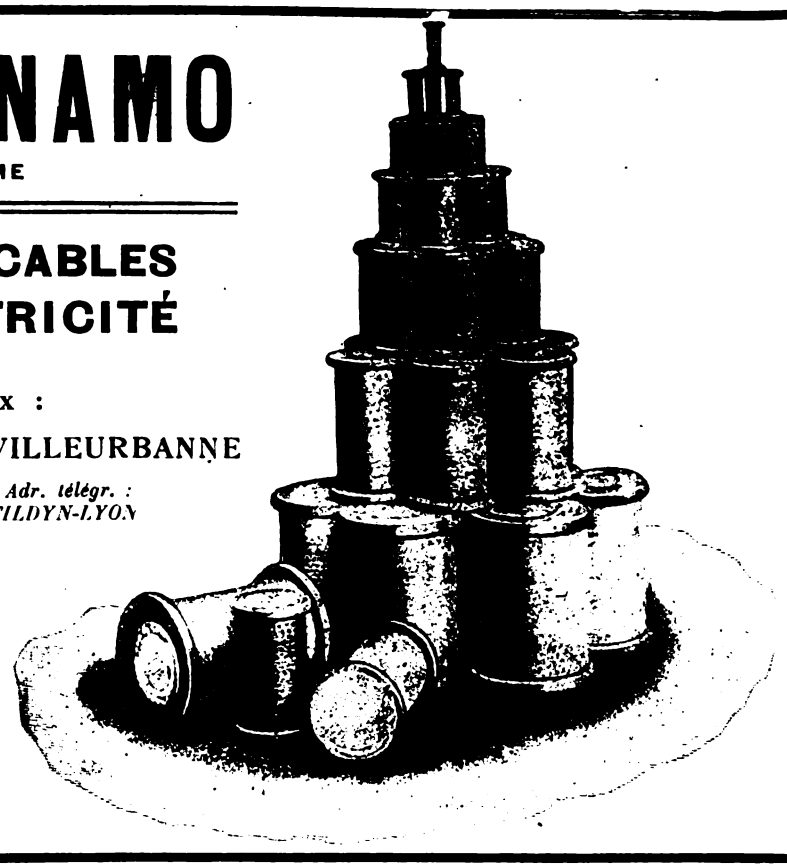
Téléph. : Vaudrey 6-92 / 9-20 — *Adr. télégr. : FILDYN-LYON*

MAISON DE VENTE ET DÉPOT A PARIS :

52, rue d'Angoulême

Tél. : ROQ. 44-09 / 31-05 — *Adresse télégr. FILDYN-PARIS*

Demandez nos tarifs
Vous avez intérêt à nous consulter



Digitized by Google

MESURES ÉLECTRIQUES

Envoi franco du catalogue.

GRANDS PRIX
PARIS 1889, 1900
SAINT-LOUIS, 1904
HORS CONCOURS
LIÉGE, 1905
Membre du Jury

Enregistreurs et appareils de tableaux

AMPÈREMÈTRES, VOLTMÈTRES, WATTMÈTRES

COURANTS CONTINUS ET COURANTS ALTERNATIFS

Modèle à cadre complètement apériodique pour courant continu.
Modèle électromagnétique à apériodicité réglable (Brev. S.G.D.G.), sans aimant permanent.
Modèle apériodique de précision à cadre mobile.
Modèle thermique à consommation réduite (Brev. S.G.D.G.).
Boîtes de contrôle — Ohmmètres — Compteurs horaires, etc.
Millivoltmètres et milliampèremètres.

Appareils à cadrans combinés et enregistreurs
pour traction électrique : tramways, chemins de fer, électromobiles, etc.

ENREGISTREURS POUR TOUT CONTROLE INDUSTRIEL

Manomètres — Cinémomètres — Dynamomètres — Thermomètres — Pyromètres
Anémomètres — Baromètres — Hygromètres, etc., etc.

A la même maison : le **Vérascope,** le **Glyphoscope,** le **Taxiphote,** appareils photographiques pour la prise et l'examen des vues stéréoscopiques 45 mm × 107 mm.

Sté Ame des Ets **JULES RICHARD,** AU CAPITAL DE 6 000 000 FR.
25, rue Mélingue (anc. imp. Fessart), **PARIS** (19e)

EXPOSITION & VENTE : 10, rue Halévy (près l'Opéra) (9e)

COMPTEURS D'ÉLECTRICITÉ

LANDIS & GYR

Simple - double - triple tarif
Indicateur de maximum
A dépassement
A paiement préalable
Pour contrôle de batterie
D'énergie réactive

Horloge de contact
Wattmètres
(SYSTÈME FERRARIS)
Interrupteurs horaires
Limiteurs horaires
Limiteurs de courant

REPRÉSENTATION GÉNÉRALE POUR LA FRANCE

FERRIÈRE & BERCHTOLD

Téléph. : Marcadet 11-08 **PARIS** (18e) *12, rue Lapeyrère, 12*

Digitized by Google

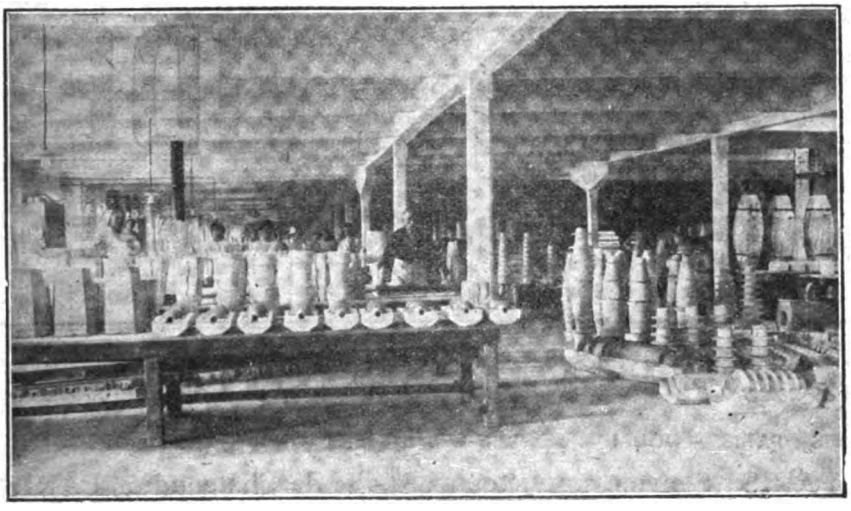
FABRIQUE DE PORCELAINES DE FUISSEAUX

ISOLATEURS

Société anonyme
BAUDOUR (Belgique)

POUR

TOUTES LES APPLICATIONS DE L'ELECTRICITÉ :



TRANSMISSION D'ÉNERGIE
APPAREILLAGE
HAUTE TENSION
PETIT APPAREILLAGE

Transformateur à 250 000 v.
pour les essais
de toute notre porcelaine

LABORATOIRES
à la disposition
de notre clientèle

PERFECT MICANITE INSULATOR REGISTERED

THE MICANITE & INSULATORS Co LTD
EMPIRE WORKS.
WALTHAMSTOW. LONDON. E. 17.

MICA Mica brut importé en caisses d'origine. Mica clivé. Rondelles mica, lames mica découpées et calibrées. Mica ambré pour moteurs de traction. Mica clair pour condensateurs de magnétos, pour poêles. Poudre de mica, etc.

MICANITE Micanite à mouler. Micanite pour collecteurs. Micanite soûple. Papier micanite. Toile micanite. Soie micanite. Ruban micanite. Micafolium. Tubes et Cônes micanite de toutes formes et toutes dimensions.

PAXOLIN Isolant idéal pour haute tension et immersion dans l'huile. Cylindres de transformateurs, tubes, bobines, planches, etc.

ISOLANTS huilés de première qualité (jaunes ou noirs) marque " EMPIRE ". Toiles, Papiers, Soies et Rubans huilés (biais ou droit fil).

LEATHEROID, PRESSPAHN, FIBRE VULCANISÉE EN PLANCHES, PAPIER RED ROPE, GOMME LAQUE, VERNIS, RUBANS CHATERTONNÉS & CAOUTCHOUTÉS

AGENTS POUR LA FRANCE
C. DÉMOLY et M. MARTINOT, 44, r. St-Lazare, Paris-9e

AGENT POUR LA BELGIQUE :
H. POIVIS de TENBOSSCHE, 40, bd d'Anvers, Bruxelles

Digitized by Google

GROUPES ÉLECTROGÈNES JUSQU'A 1200 KW

avec turbines multicellulaires à engrenages

DE FAIBLE CONSOMMATION

TURBINES A VAPEUR à condensation, à contre-pression, à basse pression

CONDENSEURS par mélange et par surface

avec l'ÉJECTAIR BREGUET-DELAPORTE

TOUTES APPLICATIONS DU **VIDE**

TURBO-POMPES ..... MOTO-POMPES

Envoi de Notices et Références sur demande

MAISON BREGUET Société anon. au capital de 8000000 fr.

USINES : PARIS — DOUAI — DÉVILLE-LES-ROUEN

SIÈGE SOCIAL : 19, rue Didot, PARIS SERVICE COMMERCIAL : 34, rue de Châteaudun, PARIS

Maison COLMANT

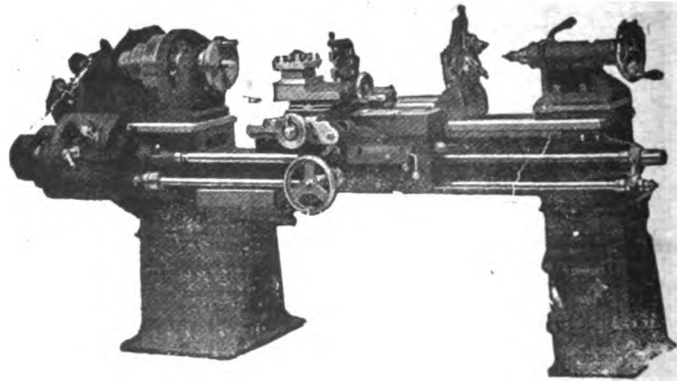
fondée en 1863.

ATELIERS H. ERNAULT

169, Rue d'Alésia, PARIS (XIV°). 46, Rue Ledru-Rollin, IVRY-sur-SEINE

GRAND PRIX { Exposition Universelle PARIS 1900
Exposition Internationale GAND 1913

TOURS
à charioter
et fileter.
SÉRIE A CONE



TOURS
à charioter
et fileter.
SÉRIE MONOPOULIE

MACHINE A ALÉSER DOUBLE — FRAISEUSES — MACHINE A AFFUTER LES FRAISES

Digitized by Google

ANCs ÉTABs PARVILLÉE FRÈRES & CIE

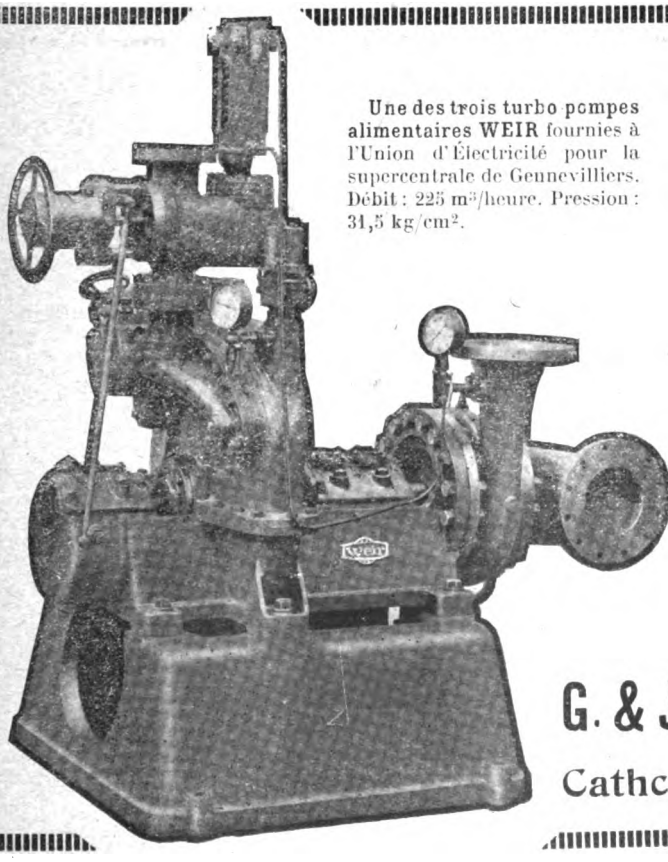
56, RUE DE LA VICTOIRE, 56

PARIS

FERRURES GALVANISÉES

CHAUFFAGE ÉLECTRIQUE

Ch. PASQUIER



Une des trois turbo pompes alimentaires WEIR fournies à l'Union d'Électricité pour la supercentrale de Gennevilliers. Débit : 225 m³/heure. Pression : 31,5 kg/cm².

LA TURBO-POMPE ALIMENTAIRE

WEIR

réalise la perfection aux points de vue conception, construction et fonctionnement.

ELLE S'EMPLOIE DANS LES INSTALLATIONS DE TERRE ET DANS LES INSTALLATIONS MARINES.

G. & J. WEIR, LTD

Cathcart, Glasgow

Représentant pour la France et la Belgique :

A. FOIANESI, ING.

94, r. de la Victoire, Paris (9e)

Digitized by Google

ISOLATEURS

THOMAS-HEWLETT

Type Link

en service sur les lignes de transport à 120 000 volts du réseau d'Etat français

CONNEXION MÉTALLIQUE

SANS ATTACHE RIGIDE NI CIMENT

PAS DE VIEILLISSEMENT

FABRIQUÉS PAR

The R. Thomas and Sons Company

East Liverpool, Ohio, Etats-Unis

Agent général pour la France :

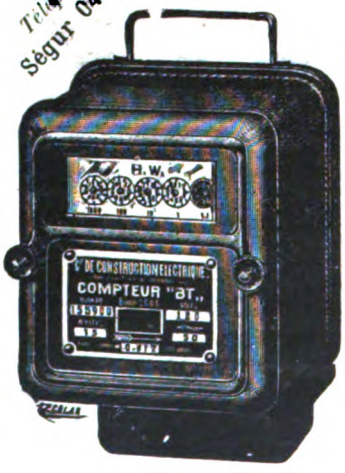
M. BUCOURT, ing., 226, Rue Marcadet, PARIS (18e)

COMPAGNIE DE CONSTRUCTION ÉLECTRIQUE

Société anonyme — Capital : 1 500 000 francs

44, rue du Docteur-Lombard. — ISSY-LES-MOULINEAUX (Seine)

Téléph. Ségur 04-39



COMPTEURS D'ÉLECTRICITÉ

Système **"BT"**, breveté S.G.D.G.

Pour courants alternatifs, monophasés et polyphasés

Agréés par l'État, les Villes de Paris, Marseille, Grenoble, etc.
Employés par la Compagnie parisienne d'Électricité, les Secteurs de la Banlieue et les principales Stations de Province.

Plus de 1 000 000 d'appareils en service

LIMITEURS D'INTENSITÉ pour Courants continu et alternatif

Transformateurs de Mesure — Compteurs horaires
Compteurs d'Énergie réactive

UNIS FRANCE

Digitized by Google

LA DAUPHINOISE ÉLECTRIQUE

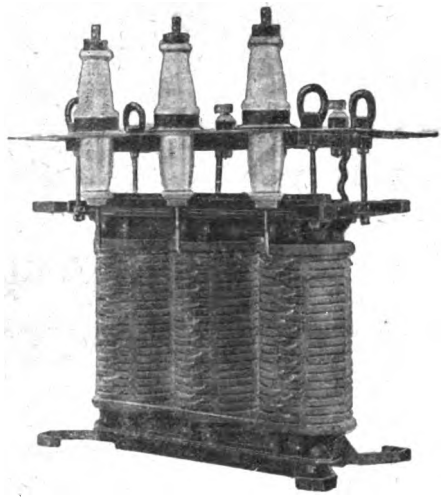
SOCIÉTÉ ANONYME — CAPITAL : 1 MILLION DE FRANCS

Siège social, Administration et Usines :

GRENOBLE — Rue du Monestier-de-Clermont — GRENOBLE

Téléphone : 18-75 / 7-33

Télégr. : DAUPHELEC-GRENOBLE



Bureaux à PARIS (8e) :
57, Rue Pierre-Charron, 57

TRANSFORMATEURS

Pertes à vide réduites
Pertes à vide normales

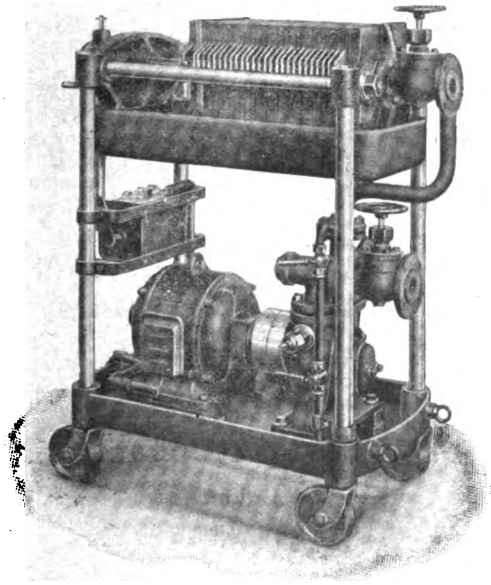
DEMANDEZ NOS
DERNIERS PRIX

TYPES NORMAUX

TYPES POUR EXTÉRIEUR
AVEC PRISES ± 5 pour 100

LIVRAISONS
RAPIDES

MICAFIL S. A. Zurich-Altstetten (Suisse)



Machines à bobiner et tous les appareils auxiliaires pour la fabrication des enroulements électriques

Tous les appareils pour le séchage, la cuisson et l'essai des huiles de transformateurs et d'interrupteurs :

TELS QUE :

FILTRES-PRESSE
ÉTUVES & RÉSISTANCES DE SÉCHAGE
TRANSFORMATEURS D'ESSAI
AVERTISSEURS DE CIRCULATION D'EAU
ainsi que les accessoires nécessaires.

Représentant général pour la France :

E. DOLLFUS, Ing., Rue Pierre-Corneille, 99, LYON

TOUS LES MATÉRIAUX ISOLANTS POUR USAGES ÉLECTROTECHNIQUES

Digitized by Google

SOCIÉTÉ D'APPLICATIONS ET DE FABRICATIONS INDUSTRIELLES

SOCIÉTÉ ANONYME

Siège social et Bureaux :
14, RUE BASSANO
PARIS-16e
Téléphone : Passy 81-24

SAFi

Usine
A SAINT-VRAIN
Seine-et-Oise
Téléphone N° 12

PRIX ET DÉLAIS TRÈS RÉDUITS

POUR

FABRICATION -- TRANSFORMATION
RÉPARATION DE TOUS TYPES ET MODÈLES

DE

DYNAMOS — ALTERNATEURS — MOTEURS
TRANSFORMATEURS — SECTIONS D'INDUITS
BOBINES INDUCTRICES

❀

TOUS APPAREILS DE SÉRIE SUR MODÈLES OU PLANS

❀

Tout ce qui concerne l'équipement électrique de transports en commun et de chemins de fer :

CHAUFFAGE
ECLAIRAGE NORMAL
ECLAIRAGE DE SECOURS
etc.

❀

Procédés perfectionnés
D'INJECTION
D'ÉTUVAGE
&
D'ISOLATION

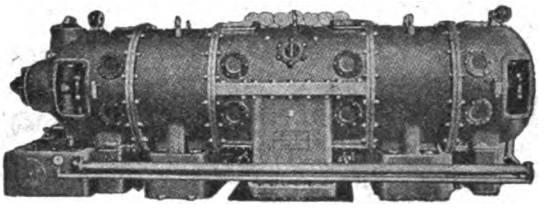
Digitized by Google

SOCIÉTÉ DE MÉCANIQUE ROTATIVE

SIÈGE SOCIAL et BUREAUX : 8, avenue Percier, PARIS (8e)

Téléphone : ELYSEES 13-94

SMR



SMR

TURBO-ALTERNATEURS LJUNGSTRÖM

DE 500 A 10000 KW

TURBINES ET TURBO-GÉNÉRATEURS « SMR » de 100 à 300 kw à grande vitesse et à réducteurs à engrenages.

ACCUMULATEURS

pour toutes applications

TÉLÉPHONIE-CHAUFFAGE ÉLECque

APPAREILLAGE Spécial pour AUTOMOBILES

APPAREILS POUR L'ÉQUIPEMENT ÉLECque des Automobiles

LAMPES

GADOT

Porte Champerret _ LEVALLOIS _ TÉL: WAGRAM (18-39 / 18-76 / 89-31)

Ste D'ÉCLAIRAGE, CHAUFFAGE, FORCE MOTRICE

Société anonyme au capital de 62 500 000 francs.

SIÈGE SOCIAL & ADMINISTRATION : 22, Rue de Calais, PARIS (IXe)

Usine à GENNEVILLIERS

Coke de gaz -:- Poussier de coke

Huile Diesel -:- Brai

Digitized by Google

Siège social et Usine à TRÉVOUX (Ain)

SOCIÉTÉ ANONYME DES CONDENSATEURS DE TRÉVOUX

CAPITAL 1 500 000 FRANCS

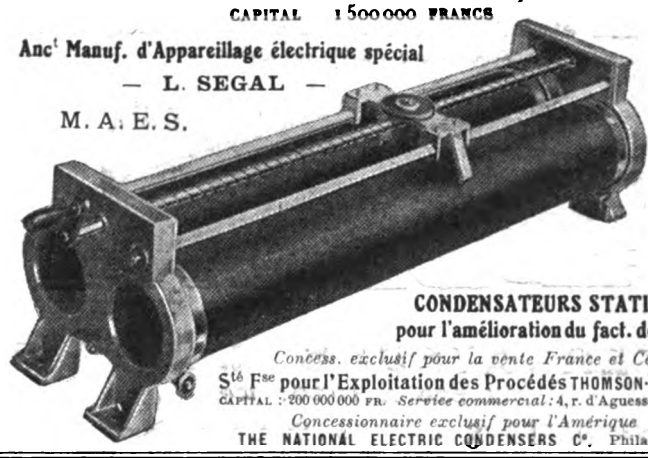
Téléph. : —

Adr. télégr. SEGAL-TRÉVOUX

Anc[t] Manuf. d'Appareillage électrique spécial

— L. SEGAL —

M. A. E. S.



CONDENSATEURS TÉLÉPHONIQUES

Verre, Mica, etc.

RHÉOSTATS à CURSEURS

toutes intensités, toutes résistances, tous genres de commandes.

Agence générale FRANCE et COLONIES :

Charles TOURNAIRE

52, R. de Dunkerque, PARIS-X[e]

Tél. Trudaine 68-61

CONDENSATEURS STATIQUES

pour l'amélioration du fact. de puiss.

Concess. exclusif pour la vente France et Colonies :

S[té] F[se] pour l'Exploitation des Procédés THOMSON-HOUSTON

CAPITAL : 200 000 000 FR. *Service commercial :* 4, r. d'Agueseau, Paris

Concessionnaire exclusif pour l'Amérique

THE NATIONAL ELECTRIC CONDENSERS C[o]. Philadelphie

Agence en ITALIE :

Ing[r] CORRADO LANDI

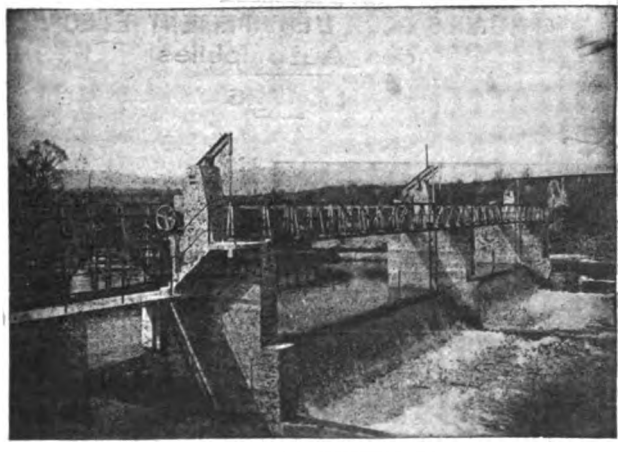
36, Via Morgagni

MILAN

BARRAGES AUTOMATIQUES

SOCIÉTÉ ANONYME

ZURICH (Suisse)



Recommande ses spécialités de

VANNES AUTOMATIQUES

pour la régularisation des cours d'eau produisant le meilleur emploi des forces motrices. — Toute sécurité pendant les crues, élimination de la main-d'œuvre, augmentation de rendement de l'usine. — MEILLEURES RÉFÉRENCES

***Installations en marche et en cours d'exécution* :**

Plus de 1 400 mètres de largeur pour une régularisation d'environ 18 000 mètres cubes par seconde

CATALOGUE ILLUSTRÉ, PROJETS, DEVIS

Représentant pour la France :

H.-F. WEBER, Ing.-Conseil, 26, boul. de Grenelle, à PARIS-15[e]

Téléph. : Ségur 73-05 et 34 02 — *Adr. téléyr.* : Weberef

186-186 bis-188, rue Championnet

PARIS — Téléphone : Marcadet 05-51

Chauvin & Arnoux

PYROMÈTRES

TACHYMÈTRES

APPAREILS POUR TOUTES MESURES ÉLECTRIQUES

Digitized by Google

ASSURANCES DE TOUTE NATURE

Placement de tous risques. — Vérification de polices. — Règlements de sinistres. — Contentieux.

Ancienne agence GETTING

F. PIEL (gendre) et J. A. LIÈVRE

ASSUREURS-CONSEILS

Téléphone : TRUDAINE 60-40 — BUREAUX : 24, rue de Châteaudun, Paris (IXe)

DYNAMOS-MOTEURS

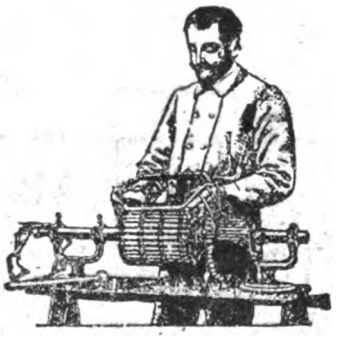
COURANTS CONTINU ET ALTERNATIFS DE NOTRE CONSTRUCTION NEUVE

Réparations et Transformations

de Machines électriques de tous systèmes

Postes économiseurs de soudure par l'arc, mono, di et triphasé

ACHAT, VENTE DE MACHINES D'OCCASION



UNIVERSEL ELECTRIC, Établissements Adolphe ROULLAND (A.-&-M.)

35, rue de Bagnolet, PARIS (20e) — Tél. ROQ. 29-19, 46-63

LAMPE IRIS

ANCIENS ÉTABLISSEMENTS LARNAUDE — *34, Rue Godot-de-Mauroi, PARIS (9e)*

LAMPES A FILAMENT MÉTALLIQUE dites monowatt.
LAMPES A FILAMENT MÉTALLIQUE dites demiwatt.
LAMPES A FILAMENT DE CARBONE.

UNIS FRANCE

USINE : ISSY-LES-MOULINEAUX

TÉLÉPHONE : Gutenberg 35-38

SOLEIL

SIÈGE SOCIAL : 23, rue Mogador PARIS (9e)

SÉCURITÉ GÉNÉRALE ET RESPONSABILITÉ CIVILE RÉUNIES

CAPITAL : 2500000 FRANCS ENTIÈREMENT VERSÉS

ASSURANCES CONTRE LES

ACCIDENTS ET RESPONSABILITÉS CIVILES DE TOUTE NATURE

Directeur : BŒTZEL Ancien Élève de l'École Polytechnique.
Sous-Directeur : RICHARD Ancien Élève de l'École Polytechnique.

La Compagnie possède 600 AGENCES PRINCIPALES EN PROVINCE

Digitized by Google

SOCIÉTÉ d'ÉLECTRO-MÉTALLURGIE de DIVES

Société anonyme au capital de 20 millions de francs.

CUIVRE · LAITON · NICKEL · ALUMINIUM · ÉTAIN

EN TUBES, BARRES, FILS, PLANCHES, FEUILLES, EMBOUTIS

Fils en cuivre de haute conductibilité, Fils pour Trolley, Fils bi-métal,
Coins pour collecteurs, Etain en feuilles, Maillechort en fils et en lames.

USINES à
DIVES-sur-MER (Calvados)

SIÈGE SOCIAL à
PARIS. — 11 bis, rue Roquépine (8e)

S. M. I. M.
SOCIÉTÉ de MOTEURS à gaz et d'INDUSTRIE MÉCANIQUE

Société anonyme au capital de 12500000 fr. — 135, Rue de la Convention, PARIS (XVe)
Télégr. OTTOMOTEUR-PARIS — Téléph. SAXE 74-13, 74-14, 74-15

Groupes électrogènes
Moteurs à gaz — Gazogènes
Moteurs à essence
Moteurs Diesel
et Semi-Diesel

C.G.S.

OFFICINE MECCANICHE ITALIANE
FABRIQUE D'INSTRUMENTS ÉLECTRIQUES
(Anc Ing C. OLIVETTI & C.) MONZA (Italia)

AMPÈREMÈTRES - VOLTMÈTRES - WATTMÈTRES (Indicateurs de tableau et portatifs)
APPAREILS ENREGISTREURS de TABLEAU et PORTATIFS
(Ampèremètres - Voltmètres - Wattmètres - Fréquencemètres - Phasemètres)
TRANSFORMATEURS de MESURES jusqu'à 30000 ampères et 80000 volts
COMPTEURS D'ÉLECTRICITÉ

Représentant général : ROB. WILD, ing., PARIS (8e), 25, rue Pasquier Tél. : Gut. 73-24

Enregistreur à relais de haute précision

Comptoir Industriel d'Etirage & Profilage de Métaux

103 à 113, Avenue Philippe-Auguste, Paris XIe — Téléphone-Roquette 24-71, 73-91

A TOUJOURS DISPONIBLES EN MAGASIN :

ACIERS *RONDS, CARRÉS, HEXAGONAUX, DE TOUTES DIMENSIONS*
MÉPLATS POUR CLAVETTES, RÈGLES, ETC. EN TOUTES SECTIONS

Spécialité de PROFILAGE DE PRÉCISION en tous Métaux

Catalogue et Tarif sont envoyés sur demande

Digitized by Google

BOMBLED

CONSTRUCTEURS MECANICIENS
94, Rue de Montreuil, PARIS (XIe)
Téléph. Diderot 18-85

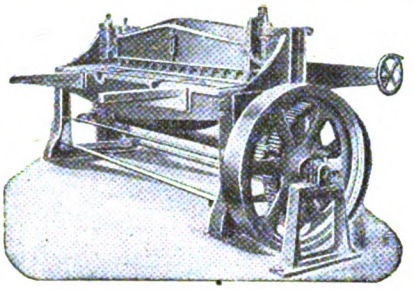
MACHINES SPÉCIALES pour le TRAVAIL de la TOLE

CISAILLES DROITES et CISAILLES CIRCULAIRES

Machines à dresser les tôles

LAMINOIR A ÉBAVURER — BANCS A ETIRER

LAMES DE CISAILLES etc ..



CISAILLE GUILLOTINE, lames de 2,05 m

FILS ISOLÉS à la SOIE pour bobinage d'APPAREILS de PRÉCISION

MANUFACTURE PARISIENNE DE

FILS ISOLÉS au COTON pour bobinage de DYNAMOS

FILS ET CABLES

CABLES sous TRESSE pour AUTOMOBILES

ÉLECTRIQUES
49, Rue Fessart, PARIS (XIXe)
Téléphone : Nord 67-07

Cables et Cordons souples pour TÉLÉPHONES

P. DELAFON

Ve P. DELAFON et Cie, sucrs.

Fabrique de Piles électriques de tous Systèmes

PILES A LIQUIDE IMMOBILISÉ — PILES DE POCHE

SONNERIES, TABLEAUX, CONTACTS, ACCESSOIRES

Bureaux : 82, boulevard Richard-Lenoir, PARIS (11e). — Usine à Ivry-sur-Seine.

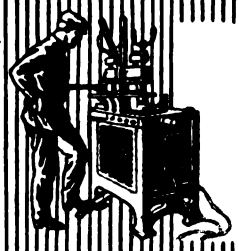
PAUL BACHELET

MATÉRIEL ÉLECTRIQUE

MOTEURS·VENTILATEURS·PERCEUSES·MEULES
TRIEURS, PLATEAUX, EMBRAYAGES MAGNÉTIQUES
FOURS ÉLECTRIQUES
PALANS & MONORAILS ÉLECTRIQUES
ÉLECTROS-AIMANTS. ÉLECTROS-FREINS. CONTROLEURS. TROLLEYS
DÉMARREURS AUTOMATIQUES. COMMANDE A DISTANCE
APPAREILLAGE SOUS BOITE FONTE

60 TER rue Haxo, Paris XXe TEL. ROQ. 52-23

Digitized by Google



Nous avons construit des machines à souder de toutes puissances résolvant les problèmes les plus divers; plus de mille de nos machines sont actuellement en service et reconnues indispensables dans toutes les industries : quincaillerie, serrurerie, tôlerie, articles de ménage, automobile bougies d'allumage, roues, cercles, jantes, machines agricoles, boucklerie, coutellerie, ateliers d'outillage, entreprises de ciment armé, etc.

Nous avons certainement des références dans votre région ou votre spécialité.
Demandez-nous des renseignements sur votre cas particulier.

40, BOULEVARD AUGUSTE-BLANQUI, PARIS — Tél. : GOBELINS 42-82

LA SOUDURE ELECTRIQUE

J. E. LANGUEPIN

Publicité MESTRE, 14, Bd Montmartre, PARIS

TRANSFORMATEURS JUSQU'A 500 KV-A
APPAREILS DE MESURE 75000 V — 3000 A
BOBINES D'ÉCOULEMENT DES CHARGES STATIQUES

LA TRANSFORMATION DE L'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE

MAISON : P. TORCHE & Cie 25, rue Pasquier PARIS (8e)

P T

AGENTS et REPRÉSENTANTS : **E. Parel**, 153, avenue Thiers, LYON — **P. Bouvier-Bourge**, 9, rue des Minimes, LE MANS — **L. Piérard**, 80, boulevard des Dames, MARSEILLE — **Bureau d'Etudes et d'Applications industrielles**, 5, rue Pré Nian, NANTES — **Grumbach et Cie**, 9, rue Schimper, STRASBOURG — **E. Rouzaud**, 1, allée des Soupirs, TOULOUSE — *Pour le Nord :* **M. G. Robert**, 17, place de la République, PARIS (3e).

ISOLANTS

MICA
MICANITE
PRESSPAHN

TOILES HUILÉES, LEATHEROID, CHATTERTON, etc.

Télégr. : TRUDAINE 32-26
Télégr. : FRIGOR-PARIS

MARCEL CADIOT

Fils et Succr de E.-H. CADIOT et Cie

31, Rue de Maubeuge PARIS-9e

CARTONNERIES DES MARAIS
ARISTIDE GUICHARD
JALLIEU-BOURGOIN (Isère)

SPÉCIALITÉ DE CARTONS "PRESSPAHN"
A GRANDE RÉSISTANCE DIÉLECTRIQUE

Fournisseur des principales firmes de constructions électriques de France

Agent général pour Paris et le département de la Seine :
M. GEORGES GERARD
39, avenue Gambetta, PARIS (20e) — Tél. ROQ. 84-56

MICA DES INDES

Importé directement de la mine et livré en caisses d'origine.

PLAQUES & SPLITTINGS

PAR TOUTES QUANTITÉS ET EN TOUTES DIMENSIONS

Prix et Echantillons sur demande.

A. VALDELIÈVRE & G. MAITRE
11, rue d'Hauteville, PARIS (10e) — Tél. Bonsecours 54-77

Digitized by Google

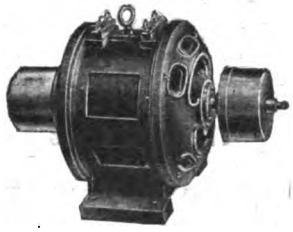
MAISON FONDÉE EN 1902

LEGENDRE FRÈRES

37, Rue Saint-Fargeau, PARIS (xxe)

Téléph. { Roquette 27-26 / » 27-36 / » 50-51 — Télégr. : LEGFRER-Paris / Métro : Saint-Fargeau / Ligne n° 3

UNIS · FRANCE 1 2



Moteur à Coupleur

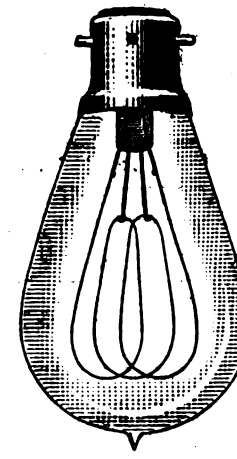
MOTEURS ÉLECTRIQUES

Alpha

14, rue Déserte — *Strasbourg*

FABRIQUE DE LAMPES A INCANDESCENCE

Toutes Intensités — *Toutes Tensions*



Livraisons rapides

DE TOUTES LAMPES A FILAMENTS CARBONE

Fournisseur des Ministères de la Guerre, des P.T.T.,

des Travaux publics, des Compagnies de Ch. de Fer, etc etc.

HUILES et GRAISSES INDUSTRIELLES

Huiles spéciales pour transformateurs haute et basse tension, pour disjoncteurs et interrupteurs.

Toutes nos huiles sont traitées par les procédés les plus modernes dans l'usine modèle que nous possédons à Gentilly (Seine)

A. VILLENEUVE

47-49, Boul^d^ Saint-Jacques, PARIS

Téléphone : Gobelins { 24-25 / 48-84

USINE À GENTILLY (SEINE)

C.A.M.

BÉLIERS ET MACHINES HYDRAULIQUES

EDOUX-SAMAIN

SOCIÉTÉ ANONYME AU CAPITAL DE 6.500.000 Fr.

BUREAUX ET ATELIERS PARIS 72 A 78 RUE LECOURBE

COMPTEURS D'ALIMENTATION DE CHAUDIÈRES

Un MONTE-CHARGE d'industrie EDOUX-SAMAIN c'est à BON MARCHE un matériel de GRANDE MARQUE

Digitized by Google

MARBRES

Blanc de Carrare et Bleu Turquin
pour toutes applications électriques

ÉTABLISSEMENTS

LOUIS FEUGIER

SAULT-BRÉNAZ (Ain)

SUCCURSALE : MASSA CARRARA (ITALIE)

Adresse télégraphique FEUGIER SAULT-BRÉNAZ (Ain)

Téléphone Nº 2

SOCIÉTÉ D'EXPLOITATION
ET DE

TRAITEMENT des BOIS

SOCIÉTÉ ANONYME AU CAPITAL DE 5 500 000 FRANCS

PARIS — 39, rue de Berri — PARIS

Téléphone : ÉLYSÉES 53-69, 57-78
Adresse télégraphique : Boitrait-Paris

Usines, Chantiers et exploitations forestières :
RIMBISHEIM (Mulhouse) — ARS-s/MOSELLE (Metz) — SOLOGNE — TOURAINE — MEUSE — CORRÈZE — NIÈVRE — YONNE — ALPES-MARITIMES, etc, etc.

POTEAUX TÉLÉGRAPHIQUES
TRAVERSES DE CHEMIN DE FER
INJECTÉS

EXPLOITATIONS FORESTIERES
SCIAGES DE TOUTE NATURE
BOIS BRUTS et OUVRÉS, etc.

Entreprise générale de charpentes

COMPAGNIE GÉNÉRALE
de
TÉLÉGRAPHIE et de TÉLÉPHONIE

(Précédemment : *Compagnie générale de Radiotélégraphie*)

SOCIÉTÉ ANONYME AU CAPITAL DE CINQ MILLIONS DE FRANCS

Rue des Usines, PARIS (15e) — Téléph. : Saxe { 09-91 / 58-15

Fournisseur des Ministères des Postes et des Télégraphes, de la Guerre, de la Marine, des Colonies et de divers Gouvernements étrangers

TÉLÉPHONIE AUTOMATIQUE A RELAIS
par simples contacts
supprimant toute transmission mécanique

MATÉRIEL TÉLÉPHONIQUE
pour réseaux publics et privés

APPAREILS D'INTERCOMMUNICATION
SYSTÈME BREVETÉ S.G.D.G.
SEUL ASSURANT LE SECRET DES CONVERSATIONS

APPAREILS TÉLÉGRAPHIQUES
Systèmes BAUDOT, HUGHES, etc.

SERVICE D'INSTALLATIONS TÉLÉPHONIQUES
5, Avenue Daniel-Lesueur, PARIS (7e) — *Tél. : Saxe 73-53*

SIÈGE SOCIAL
26, Rue Laffitte,
PARIS (IXe)

UNIS FRANCE

Téléphone
Gutenberg { 16.28 / 16.27

SOCIÉTÉ ANONYME
POUR LE
TRAVAIL ÉLECTRIQUE DES MÉTAUX
CAPITAL : 1000000 FRANCS

ACCUMULATEURS
TEM
POUR TOUTES APPLICATIONS

TRANSFORMATEURS
CABINES HAUTE TENSION

USINES :
SAINT-OUEN (Seine) : 4, QUAI DE SEINE.

Digitized by Google

PETITES ANNONCES

SOCIÉTÉS

Convocations

26 décembre. — Société de Moteurs a Gaz et d'Industrie mécanique, Assemblée générale ordinaire, 135, rue de la Convention, Paris (15e).

27 décembre. — Energie électrique de l'Ouest de la France, Assemblée générale ordinaire, 25, rue de Clichy, Paris (9e).

27 décembre. — Société Production, Transport et Distribution d'Energie, Assemblée générale ordinaire, 18, rue de l'Arcade, Paris (8e).

27 décembre. — Société des Fournitures générales pour l'Electricité « Efgé », Assemblée générale ordinaire, 84, avenue de la République, Paris (11e).

27 décembre. — Société d'Electricité pour la Lumière et la Force, Assemblée générale ordinaire, 103, rue Saint-Lazare, Paris (9e).

27 décembre. — Société d'Electricité, Gaz et Eaux de Tonneins, Assemblée générale ordinaire, 19, rue d'Aguesseau, Paris (8e).

27 décembre. — Société des Ateliers électriques de la Rochegrandjean, Assemblée générale ordinaire, 27, boulevard de la Chapelle, Paris (10e).

27 décembre. — Société des Applications électrolytiques, Assemblée générale ordinaire, 144, rue Castagnary, Paris (15e).

28 décembre. — Compagnie lorraine pour l'Eclairage automatique des wagons par l'électricité, Assemblée générale ordinaire, 75, boulevard Haussmann, Paris (8e).

28 décembre. — Société parisienne la Centrale électrique et frigorifique, Assemblée générale ordinaire, 31, rue Mogador, Paris (9e).

29 décembre. — Sud-Lumière, Assemblée générale ordinaire, 3, rue La Boétie, Paris (8e).

29 décembre. — Société anonyme du Secteur électrique de Saint-Léger Saint-Ouen (Somme), Assemblée générale extraordinaire, 144, rue Montmartre, Paris (2e),

29 décembre. — Société de Force et Lumière électriques, Assemblée générale ordinaire, 3, rue de Rocroy, Paris (10e).

29 décembre. — Compagnie continentale pour la Fabrication des Compteurs et autres appareils, Assemblée générale ordinaire, 19, rue Blanche, Paris (9e).

30 décembre. — Société d'Electricité de Saint-Germain-en-Laye, Assemblée générale ordinaire, 3, rue La Boétie, Paris (8e).

30 décembre. — Société des Forces motrices de la Vallée d'Aspe, Assemblée générale ordinaire, 16, rue de la Pépinière, Paris (8e).

AVIS DE CONCOURS

L'Administration des Postes et des Télégraphes procédera les 8 et 29 janvier 1923, dans les conditions fixées par l'arrêté du 14 juin 1916 (*Journal officiel* du 17 juin 1916), à deux concours pour la **fourniture de ferrures diverses.**

Les industriels, désireux de remettre des offres de prix pour ces fournitures, obtiendront tous renseignements en s'adressant à la Direction de l'Exploitation téléphonique, 3e bureau, 103, rue de Grenelle (3e étage), à Paris (7e), tous les jours non fériés de 10 à 12 heures et de 15 à 17 heures.

Ces concours ne sont ouverts qu'aux seuls industriels établis en France.

ADJUDICATIONS

Porto-Alegre. — Adjudication pour l'**aménagement des forces hydrauliques** de la rivière Jacuhy (Porto-Alegre, Brésil), sur une étendue d'environ 12 kilomètres, où se trouvent des chutes d'eau, avec une différence de niveau de 97 mètres et une puissance minima de 40000 ch.

Les propositions seront reçues à la Direction des Terres et de Colonisation, Secrétariat des Travaux publics, à Porto-Alegre, jusqu'au 10 octobre 1923.

Le cahier des charges peut être consulté à l'Office national du Commerce extérieur, 22, avenue Victor-Emmanuel III, Paris (8e).

Ile de Jersey. — Adjudication pour la **concession de l'éclairage électrique de la ville de Saint-Hélier et des habitations particulières.** — Les soumissions devront être remises au Connétable (Maire) de Saint-Hélier, avant le 15 janvier 1923 et accompagnées d'un chèque de £ 1000, qui sera remboursé en cas de non-acceptation.

Le cahier des charges (texte en langue anglaise) est à consulter à l'Office national du Commerce extérieur, 22, avenue Victor-Emmanuel III, Paris (8e).

Pour renseignements complémentaires au sujet de questions techniques, écrire à MM. Arthur Ellis et Partners, à Park Place, Cardiff, Southwales.

MATÉRIEL

A VENDRE, par suite d'extensions :

Groupe électrogène complet Brown Boveri-Parsons, excellent état, 400 kw, 2100 t : mn, vapeur à 12 kg : cm² surchauffe 300°, courant continu 500 volts, avec condenseur à injection.

S'adresser : Usine a Gaz de Gennevilliers (Seine).

Lignes de transmission entièrement neuves comportant :
9 km de câble aluminium de 40 mm², 37 fils 22/10, soit 4460 kg et
9 km de câble 20 mm², 7 fils 191/100 soit 576 kg,
à céder 20 pour 100 au dessous du cours du jour sur wagon départ Poitiers.

Faire les offres à la Compagnie générale du Gaz pour la France et l'Etranger, 24, boulevard des Capucines, à Paris.

A VENDRE :

Moteur Westinghouse 400 ch, 325 t : mn, courant continu, 550 volts, 3e palier séparé..... 25000 fr;

Moteur Westinghouse 500 ch, 500 t : mn, courant continu, 550 volts, 3e palier séparé..... 25000 fr;

Dynamos et moteurs électriques de toutes puissances.

S'adresser : Usine, 156, rue de Vanves, Paris (14e).

Digitized by Google

ACHETEZ directement en FRANCE vos POTEAUX aux PRODUCTEURS

Les Poteaux BIAL sont entièrement traités dans nos Exploitations, chantiers et Usines. Ils sont imprégnés en Vase clos, par le Vide et la Pression.

Nous vous les fournirons
aux CONDITIONS les plus AVANTAGEUSES
par TOUTES QUANTITÉS et
en TOUTES DIMENSIONS
qui vous seront nécessaires

SPÉCIALITÉ DE GROS DIAMÈTRES
RENSEIGNEMENTS SUR DEMANDE

Les Bois Industriels d'Alsace et de Lorraine

Etablissements FRANÇOIS WEIMERSKIRCH
FONDÉS EN 1898

Grumes, Traverses, Bois de mine et de Construction, Manches d'Outils
Planches, Madriers, Parquets, Lattes etc.-Tous sciages.

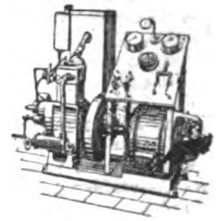
USINES, CHANTIERS, BUREAUX, FLORANGE (Moselle)

Adresser la CORRESPONDANCE : BOITE POSTALE, 8, METZ

Anciens Etabl^ts d'Appareillage Electrique
GABREAU
Société Anonyme au Capital de 900.000 Frcs.
SIÈGE SOCIAL & BUREAUX
12, rue du Président-Wilson. LEVALLOIS-PERRET
Téléph. WAGRAM 24-43
USINES : 18, Quai de Courbevoie à Courbevoie (Seine)

GROUPES ÉLECTROGÈNES
A ESSENCE OU A PÉTROLE POUR INSTALLATIONS FIXES OU TRANSPORTABLES
DE 1 A 10 KVA

GROUPE ÉLECTROGÈNE



TYPE TRANSPORTABLE

TYPE A.12 A 110/160V.
FONCTIONNANT A L'ESSENCE

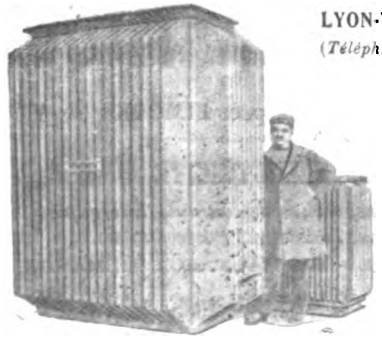
Ce groupe permet l'éclairage simultané de 50 lampes de 25 bougies [illegible] Avec l'adjonction d'une batterie [illegible] Réglage automatique — Aucune surveillance.
Notice détaillée sur demande — Prix, complet : 4.500 f.

CABLES ET FILS ISOLÉS

Joseph JARRIANT, 233, rue de la Croix-Nivert, PARIS (XVe)
Maison fondée en 1860 — TÉLÉPH. : SÉGUR 17-96 — NORD-SUD : PORTE DE VERSAILLES

Spécialité de câbles RONDS et PROFILÉS pour DYNAMOS et MOTEURS

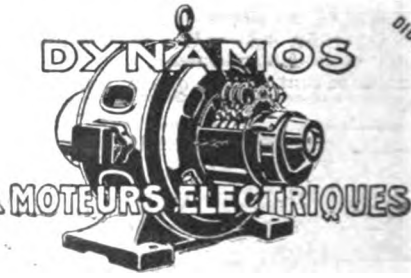
CUVES POUR TRANSFORMATEURS
ATELIERS DU RHONE
58 à 62, r. Jean-Claude Vivant
LYON-VILLEURBANNE
(*Téléph. Vaudrey 29-74*)



CUVES
ONDULÉES
ou LISSES
garanties étanches

ESSAIS
à l'huile chaude
avant expédition
EXÉCUTION RAPIDE

TÉL. : DID. 09-40 / 09-41


DYNAMOS
& MOTEURS ÉLECTRIQUES

TÉL. : DID. 09-40 / 09-41

Établ^ts DORY & GAIN
SOCIÉTÉ ANONYME AU CAPITAL DE 600 000 FRANCS
SIÈGE SOCIAL, BUREAUX et ATELIERS :
33 à 39, Rue du Pont-d'Ivry, ALFORTVILLE (Seine)

Installations complètes de force et de lumière
RÉPARATION — LOCATION — TRANSFORMATIONS
MAISON A LILLE, 16, rue du Magasin. — Tél. 29-68

Digitized by Google

LIBRAIRIE

INVENTEURS lisez le **Manuel-Guide** envoyé gratis et franco par l'Ingénieur-Conseil. **BOETTCHER. 39. Boulevard Saint-Martin. Paris.**

DIVERS

Le Syndicat professionnel des Industries électriques informe ses adhérents qu'il tient à leur disposition, à son siège social, 2, rue d'Edimbourg :

8339. Un **avis** du gouvernement général de Madagascar qui organise une **Foire commerciale à Tananarive** du 15 août au 15 septembre 1923.

8340. Le **règlement** des adhésions à la **4e Foire commerciale officielle de Bruxelles** qui se tiendra du 9 au 25 avril 1923.

Des **avis** de l'Office national du Commerce extérieur concernant :

Des **demandes de représentation** de matériel électrique au Brésil et en Espagne;

Des diverses **listes d'importateurs en Italie** de tout genre de matériel;

Un **avis** sur l'**exposition permanente d'échantillons** en Lettonie organisée par la Banque de commerce de Riga.

Chemins de fer du Midi — Relations directes avec Luchon-Superbagnères. — La Compagnie des Chemins de fer du Midi, d'accord avec la Compagnie du Chemin de fer d'Orléans, a l'honneur d'informer le public que les voyageurs, partant de Paris ou des principales gares de son réseau, pourront obtenir des billets directs et faire enregistrer leurs bagages pour la grande station de sports d'hiver des Pyrénées.

Au départ de Paris, s'adresser : à l'agence Midi-Orléans, 16, boulevard des Capucines; à la gare du quai d'Orsay, ou aux principales agences de voyages.

OFFRES D'EMPLOIS

L'Association Amicale des Anciens Élèves de l'ÉCOLE d'ÉLECTRICITÉ BRÉGUET

81-89, Rue Falguière, PARIS (XVe) — Tél. : Saxe 30-39

Se tient à la disposition de MM. les Industriels qui voudront bien s'adresser à elle pour leur présenter des Anciens Élèves dont ils pourraient avoir besoin pour leurs différents services d'ETUDES, de CONSTRUCTION, d'EXPLOITATION ou COMMERCIAL.

Représentant pour Paris visitant électriciens est demandé par maison très connue s'occupant de fournitures générales pour l'électricité.

S'adresser à la *R. G. E.* qui transmettra..... [973]

Ingénieur électricien très au courant de la clientèle de l'Est de la France est demandé par maison importante pour représentation.

S'adresser à la *R. G. E.* qui transmettra..... [978]

On demande **représentant** pour région parisienne, visitant usines et électriciens, pour fournitures générales et désirant s'adjoindre appareils de mesure électriques.

S'adresser à la *R. G. E.* qui transmettra..... [980]

Société d'Installations électriques demande un **chef de service** pour être affecté à l'établissement des projets et devis de réseaux haute et basse tension, faire les piquetages, diriger les travaux, tant au point de vue administratif que technique, installations chez les habitants, usines villas, etc. Prix de revient et factures. Excellentes références demandées; âge de 30 à 45 ans.

Ecrire avec prétentions à la *R. G. E.* qui transmettra.. [981]

Chef de production ayant expérience du matériel et de l'exploitation est demandé par importante usine hydroélectrique.

S'adresser à la *R. G. E.* qui transmettra..... [983]

On demande **ingénieur constructeur** et **dessinateurs** connaissant le gros appareillage à courant continu pour la traction.

Ecrire : A. C. E. D., 28, boulevard de Strasbourg, Paris (10e).

DEMANDES D'EMPLOIS

Importante maison de commission-exportation, spécialement fournitures électriques, ayant bureaux près grands boulevards, parfaitement organisée, recherche **agence de fabrique** avec dépôt si besoin; hautes références.

Ecrire : Boite Commerce no 6, bureau 14, à Paris.

Ingénieur E. S. M. E. et **I. E. G.** demande emploi dans laboratoire ou plateforme pour petit matériel électrique, appareils de mesure et diverses.

Ecrire à la *R. G. E.* qui transmettra..... [973]

Ingénieur électricien, 25 ans, spécialisé dans les installations d'amélioration du facteur de puissance, cherche situation.

Ecrire à la *R. G. E.* qui transmettra..... [974]

BREVETS — MARQUES — MODÈLES

Cabinet Ch. MARDELET -:- P. DEGROOTE, Ingr E.C.P., Conseil en Matière de Propriété Industrielle

Téléphone : Trudaine 25-80 — 109, Rue et Place Lafayette. — PARIS-10e

Rechargez vos **ACCUMULATEURS** sur les COURANTS ALTERNATIFS avec la **Soupape SOULIER**

SIMPLE — ÉCONOMIQUE — SANS ENTRETIEN

7, rue de la Gare, ARCUEIL (Seine) — Tél. 53

MOTEURS ÉLECTRIQUES

DYNAMOS DE TOUTES PUISSANCES de 0,1 à 200 ch

Disponibles — Prix avantageux — Garantie

LOCATION — ACHAT — VENTE — RÉPARATION

E. BOSSY, 61, rue d'Angoulême, PARIS - Roq. 70-75

Digitized by Google

La marque "Unis-France" est la garantie sévèrement contrôlée de l'origine française d'un produit.

La marque **UNIS-FRANCE**, *insérée dans une annonce, indique que le fabricant a été autorisé à l'appliquer sur certains de ses produits dont l'*origine française *est ainsi certifiée.*

La rédaction de la **R.G.E.** *décline toute responsabilité quant à la teneur des annonces.*

INDEX DES ANNONCES

Aluminium (L') français XLII
Alpha..... LXXVII
Appareillage électrique Grivolas... LIV
Ateliers de Constructions électriques de Boulogne-sur-Seine..... XLVII
Ateliers de Constr. électr. de Delle. XI
Ateliers de Constructions électriques de Lyon et du Dauphiné..... XVII
Ateliers du Rhône..... LXXX

Bachelet..... LXXV
Barrages automatiques..... LXXII
Bell..... LXIX
Bliss..... XLIX
Bombled..... LXXV
Bossy (E.)..... LXXXI
Brevets d'invention..... LXIII
Bréguet..... LVIII
Bucourt..... LX

Cadiot..... LXXVI
Carbone (Le)..... LXX
Carpentier..... XLIV
C. G. S..... LXXIV
Cheveau..... XXXVII
Chauvin et Arnoux..... LXXII
Cie de Construction électrique..... LX
Cie des Lampes..... XL
Cie électro-mécanique..... VII
Cie franç. de Charbons pr l'Électr.. LXVII
Cie générale des Câbles de Lyon... LXXIII
Cie générale d'Electricité..... II
Cie générale électrique de Nancy.. V
Cie générale d'électro-céramique... LXXXIV
Cie gén. d'Entreprises électriques.. XLIX
Cie pour la Fabr. des Compteurs et Matériel d'usines à gaz..... XX
Cie Lorraine de Charbons, Lampes et Appareillages électriques..... LII
Comptoir industriel d'Étirage et de Profilage des Métaux..... LXXIV
Couffinhal..... XLV

Dauphinoise (La) électrique..... LXI
Degroote (P.)..... LXXXI
Delafon..... LXXV
Delaunay Belleville..... XLVI
Démoly et Martinot..... LVII
Desaulty..... XXXVI LXVI
Dinin..... XXXIII
Dory et Gain..... LXXX
Douce et Moulin..... L

Edoux-Samain..... LXXVII
Electro Porcelaine..... XII
Ernault..... LVIII

Fabrique de porcelaines de Fuisseaux..... LVII
Ferrière et Berchtold..... LVI
Fenwick..... LXV
Feugier..... LXXVIII
Fil (Le) Dynamo..... LV
Forges et ateliers de constructions électriques de Jeumont..... VI

Gabreau..... LXXX
Gadot..... LXXI
Gallant..... XLV
Gardy..... XIX
Garnier..... LI
Grammont..... XVI
Guichard..... LXXVI

Haefely et Cie..... XXII
Herlicq..... LXIV
Hopkinson et Co..... LIV
Hotchkiss et Cie..... XLIV

Isolateurs canadiens..... XXXIV

Japy..... X
Jarriant (Joseph)..... LXXX

Lampe Philips..... LXVI
Languepin..... LXXVI
Larnaude..... LXXIII
Legendre frères..... LXXIII
Leroyer..... LXVII

Manufacture Parisienne de fils et câbles électriques..... LXXV
Matabon..... LXIX
Matériel électrique de contrôle et industriel..... XLVIII
Matériel (Le) industriel électrique.. XIV
Mercier..... XXIV
Merlin et Gerin..... XV
Métallurgique (La) électrique..... XXXV
Micafil S. A..... LXI

Oerlikon..... LI

Parvillée frères et Cie..... LIX
Piel et Lièvre..... LXXIII
Pirelli..... XLIII
Pontille..... LXVIII

Richard (Jules)..... LVI
Roulland (Adolphe)..... LXXIII
Ruttimann..... XLVIII

Sautter-Harlé..... LV
Schneider..... III
Seghers..... LXIX
Sté Alsacienne de Constr. mécan.. IV
Sté Anonyme des condensateurs de Trévoux..... LXXII
Sté Electrique de Nancy..... XXI
Sté d'Applications et de fabrications industrielles..... LXII
Sté de construction d'appareils de levage..... XXXI
Sté de Construction électrique..... XXX
Sté d'Éclairage, Chauffage, Force motrice..... LXXI
Sté d'Électrométallurgie de Dives.. LXXIV
Sté d'Exploitation et de Traitement des bois..... LXXVIII
Sté Fibre et Mica..... LXVIII
Sté d'Usinage de matériel électrique. XLI
Sté française des Constructions Babcock et Wilcox..... XXXVIII
Sté des grands réseaux électriques. XXVIII
Sté française Radio-électrique..... XXXIX
Sté gle des Condensateurs électr... LXX
Sté générale d'Entreprises..... XVIII
Sté Gramme..... LXI
Sté Hydro-mécanique..... LXXXIII
Sté industrielle pour la Fabrication d'Appareils de mesure..... LIII
Sté Mildé (Ch.) fils et Cie..... LXV
Sté de Mécanique rotative..... LXXI
Sté des Moteurs Chaléassière..... XXIII
Sté de moteurs à gaz et d'industrie mécanique..... LXXIV
Sté Parisienne pour l'Industrie des chemins de fer et tramways électr. XXX
Sté de Produits métallurgiques..... LII
Sté Rateau..... XXVI
Sté Savoisienne de constructions électriques..... XXVII
Sté pr le Travail électr. des Métaux LXXVIII
Soleil..... LXIII
Soulier..... LXXXI
« Stam »..... LXIV

Teisset-Rose-Brault..... XXV
Thomson-Houston..... VIII IX
Torche (P.)..... LXVI
Transformateur (Le)..... XI
Transporteurs Simplex..... LXVII
Tudor..... LXI

Usine céramique d'Ambazac..... LXXII
Usines diélectriques Delle..... XXII

Valdelièvre (A.) et Maitre (G.)..... LXXVI
Varret et Collot..... LXXII
Villeneuve..... LXXVII

Weimerskirch..... LXXI
Weir (G. et J.), Ltd., Glasgow... LII
Wenger (F.)..... LI
Worthington..... I

Zivy..... LXVIII

Petites annonces..... LXXII

Digitized by Google

6e Année NUMÉRO SPÉCIAL Novembre 1922

REVUE GÉNÉRALE DE L'ÉLECTRICITÉ

ORGANE DE L'UNION DES SYNDICATS DE L'ÉLECTRICITÉ

1775

1836

AMPÈRE

André-Marie

RÉDACTION & ADMINISTRATION : 12, Place de Laborde, PARIS (VIIIe)

Téléphone : Wagram 90-34 Compte de chèques postaux : Paris 239-86

REVUE HEBDOMADAIRE

ABONNEMENTS : France, 75 fr. — Etranger, 90 fr. — Le Numéro : 3 fr.

Digitized by Google

CONSEIL D'ADMINISTRATION
de la Revue générale de l'Electricité

PRÉSIDENT

Cordier Gabriel. — Président d'honneur de l'Union des Syndicats de l'Electricité. Président de l'Union des Industries métallurgiques et minières.

VICE-PRÉSIDENTS

Legouez Raynald. — Vice-président de la Chambre de Commerce de Paris. — Président de l'Union des Syndicats de l'Electricité.

Meyer Ferdinand. — Président d'honneur du Syndicat professionnel des Producteurs et Distributeurs d'Energie électrique. — Président du Conseil d'Administration de la Compagnie continentale Edison.

ADMINISTRATEURS

Bizet Paul. — Président d'honneur du Syndicat professionnel des Producteurs et Distributeurs d'Energie électrique. — Administrateur de la Compagnie générale d'Electricité.

Berthelot Daniel. — Membre de l'Institut. — Président d'honneur du Syndicat professionnel des Producteurs et Distributeurs d'Energie électrique. — Président du Conseil d'Administration de la Société d'Electricité de Paris.

Brylinski Emile. — Président d'honneur et Délégué général du Syndicat professionnel des Producteurs et Distributeurs d'Energie électrique.

Cahen Henri. — Président du Syndicat professionnel des Producteurs et Distributeurs d'Energie électrique. — Administrateur délégué du Sud-Electrique.

Duval Charles. — Directeur des Services électriques de la Société générale d'Entreprises.

Eschwege Paul. — Président d'honneur du Syndicat professionnel des Producteurs et Distributeurs d'Energie électrique. — Directeur de la Société d'Eclairage et de Force par l'Electricité.

Fontaine Eugène. — Vice-président du Syndicat professionnel des Producteurs et Distributeurs d'Energie électrique.

Girardeau Emile. — Ancien élève de l'Ecole Polytechnique. — Administrateur, Directeur technique de la Société française Radio-Electrique.

Lévi Lazare. — Administrateur, Directeur général de la Compagnie française pour l'Exploitation des Procédés Thomson-Houston. — Administrateur délégué de la Compagnie lorraine de Charbons, Lampes et Appareillage électriques.

Massé René. — Ancien élève de l'Ecole Polytechnique, ingénieur civil des Mines. — Vice-Président, Directeur de la Société d'Eclairage, Chauffage et Force motrice.

Mazen Natalis. — Sous-directeur honoraire des Chemins de fer de l'Etat. — Professeur à l'Ecole supérieure d'Electricité.

Meyer Marcel. — Ancien Président du Syndicat professionnel des Industries électriques. — Directeur de la Compagnie générale des Travaux d'Eclairage et de Force (Etablissements Clémançon).

Michel Charles. — Directeur de la Compagnie pour la Fabrication des Compteurs et Matériel d'Usines à Gaz.

Paré Marcel. — Ingénieur de la Société saint-quentinoise d'Eclairage, de Chauffage et de Force motrice. — Administrateur de la Compagnie continentale pour la Fabrication des Compteurs.

Petit Joseph. — Administrateur délégué de l'Omnium lyonnais de Chemins de fer et Tramways. — Administrateur de la Compagnie du Chemin de fer électrique souterrain Nord-Sud de Paris.

Saurel Maurice. — Docteur en droit. — Administrateur délégué de la Compagnie des Lampes.

Ticier Armand. — Directeur de la Société d'Eclairage électrique de Bordeaux et du Midi.

SECRÉTAIRE DU CONSEIL D'ADMINISTRATION

Durangel George. — Secrétaire général honoraire de l'Energie électrique du Littoral méditerranéen.

COMMISSAIRES DES COMPTES

Dieudonné Jules. — Chef de la comptabilité des Tramways de Paris et du Département de la Seine.

Rosenfeld L. — Secrétaire du Conseil de la Compagnie de l'Air comprimé. — Membre de la Compagnie des Experts-comptables de Paris.

DIRECTEUR

Blondin J. — Agrégé de l'Université.

Digitized by Google

A LA MÉMOIRE

de

André-Marie AMPÈRE

Digitized by Google

Digitized by Google

PRÉFACE

Les années 1820 à 1825 marquent une période mémorable dans l'histoire du développement de l'électricité et de ses applications.

C'est, en effet, le 18 septembre 1820 que André-Marie Ampère, alors professeur suppléant d'astronomie à la Faculté des Sciences de Paris, présentait à l'Académie royale des Sciences le premier de ses nombreux mémoires dans lesquels, se basant sur les résultats de la célèbre expérience faite, quelques mois auparavant, par le physicien danois Jean Christian Œrsted, il établit les bases de la théorie de l'électromagnétisme et de l'électrodynamique. En 1821, il démontrait la justesse de ses conceptions par une retentissante vérification expérimentale. En 1822, il exposait, dans un ouvrage intitulé : « Recueil d'observations électrodynamiques », les principaux résultats des travaux qu'il avait effectués. Enfin, en 1825, il remettait à l'Académie royale des Sciences son magistral « Mémoire sur la théorie mathématique des phénomènes électrodynamiques, uniquement déduite de l'expérience » qui, malgré l'évolution de nos idées sur l'électricité, forme aujourd'hui encore le fondement de nos connaissances en électrodynamique.

Un siècle s'est écoulé depuis cette géniale découverte. Il a mis en évidence la fécondité prodigieuse des vues d'Ampère, aussi bien dans le domaine de la science théorique que dans celui de la science appliquée.

Il appartenait aux électriciens français de commémorer l'œuvre d'Ampère, œuvre admirable que, il y a déjà près de cinquante ans, l'illustre physicien anglais, Maxwell, n'hésitait pas à considérer comme « l'un des plus grands exploits de la science ».

Dès le début de 1920, la « Revue générale de l'Electricité » se préoccupait des moyens de rappeler aux générations nouvelles la grandeur de cette œuvre. Divers membres de son Comité de Rédaction voulurent bien, sur la demande de son Président, M. Blondel, membre de l'Institut, se charger d'écrire une série de notices destinées à être publiées dans un numéro spécial consacré aux travaux et à la vie d'Ampère. D'autre part, son Conseil d'Administration engageait des

Digitized by Google

pourparlers avec les principaux groupements électriques français tant scientifiques qu'industriels en vue de célébrer, avec toute l'ampleur qu'il convenait, le centenaire des découvertes de notre savant compatriote.

A la suite de ces démarches, un Comité de Patronage, dont M. Alexandre Millerand, Président de la République française, voulut bien accepter la présidence d'honneur, se constitua sous les auspices de l'Académie des Sciences et des autres groupements scientifiques et industriels. En même temps, était institué un Comité d'organisation qui, sous la présidence de M. Daniel Berthelot, membre de l'Innstitut, préparait le programme de la manifestation destinée à commémorer le centenaire des découvertes d'Ampère. Après accord avec M. le Président de la République, il fut convenu que cette manifestation aurait lieu dans le grand amphithéâtre de la Sorbonne et que, les conséquences des découvertes d'Ampère ayant un intérêt mondial, on prierait les électriciens étrangers de vouloir bien s'y faire représenter. M. Mailloux, citoyen des Etats-Unis, président de la Commission électrotechnique internationale, fut unanimement désigné pour remplir cette mission. La manifestation eut lieu le 24 novembre 1921, sous la présidence de M. le Président de la République. Une médaille à l'effigie d'Ampère fut frappée à la Monnaie pour rappeler le souvenir de cette manifestation.

De son côté, l'Union des Syndicats de l'Electricité, à l'instigation de M. Raynald Legouëz, son président, demandait aux membres des syndicats affiliés à cette Union de collaborer à la manifestation en l'honneur d'Ampère en faisant connaître, par la publication de notices et de photographies sur les entreprises qu'ils dirigent, l'importance prise par l'industrie électrique française, cent ans après les découvertes fondamentales de l'illustre savant.

Le présent numéro de la « Revue générale de l'Electricité » est le résultat de ces efforts parallèles.

Dans la première partie se trouvent assemblées les notices dans lesquelles M. Appell, recteur de l'Académie de Paris ; MM. Brillouin, de Launay, membres de l'Institut ; M. Pérot, professur à l'Ecole Polytechnique ; M. Pomey, ingénieur en chef des Postes et Télégraphes ; M. Boucherot, président du Syndicat des Ingénieurs électriciens français ; M. Gouy, membre de l'Institut, professeur à l'Université de Lyon, ont fait revivre l'œuvre d'Ampère ; une notice sur la vie d'Ampère et une autre sur la bibliographie de ses mémoires concernant l'électrodynamique viennent ensuite.

La seconde partie est consacrée à la reproduction des discours prononcés à la manifestation du 24 novembre 1921 par MM. Daniel Berthelot, P. Appell, P. Janet, R. Legouëz, P. Boucherot, représentants des groupements scientifiques, techniques et industriels, ayant patronné la manifestation ; par M. Mailloux, représentant des électriciens étrangers et par M. Le Troquer, ministre des

Digitized by Google

Travaux publics ; elle se termine par l'allocution prononcée par M. le Président de la République, à la suite de ces discours.

Les notices destinées à indiquer l'état actuel de l'industrie électrique française forment la troisième partie de ce numéro. Elles sont divisées en trois séries se rapportant respectivement à la construction du matériel électrique, à la production et la distribution de l'énergie électrique, à l'électrométallurgie et l'électrochimie. En tête de chacune de ces séries se trouve une vue d'ensemble du développement pris en France par la branche correspondante de l'industrie électrique ; la première est due à M. Tribot-Laspière, secrétaire-général de l'Union des Syndicats de l'Electricité ; la seconde, à MM. Duval, directeur des services électriques de la Société générale d'Entreprises et Lavanchy, ingénieur de cette société ; la troisième, à M. Tochon, secrétaire de la Chambre syndicale des Forces hydrauliques, de l'Electrométallurgie et de l'Electrochimie. Ces notices et les illustrations qui les accompagnent apportent un témoignage grandiose de l'activité des industries nées des découvertes d'Ampère ; elles constituent l'apothéose de l'œuvre du savant physicien et l'attestation vivante que les générations successives n'ont pas laissé péricliter l'héritage de leur illustre ancêtre.

La lecture de ces pages montrera combien peuvent être fécondes les conséquences d'expériences de laboratoire, même réalisées avec un matériel des plus modestes, lorsque leurs résultats sont logiquement interprétés. Puisse-t-elle inciter la nouvelle génération de savants et d'ingénieurs à donner à la recherche expérimentale une part de plus en plus grande dans leurs travaux. L'évolution actuelle des sciences physiques leur permet d'espérer que des découvertes des plus importantes sont encore possibles avec les moyens d'investigation que l'on trouve communément dans les laboratoires.

Une autre leçon se dégagera de cette lecture ; c'est que les appareils rudimentaires du modeste appartement de la rue des Fossés-Saint-Victor n'ont pu donner naissance à la puissante et grandiose machinerie électrique de nos usines actuelles qu'à la suite de lentes et patientes recherches effectuées dans les laboratoires bien outillés. Au moment où nous magnifions le grand physicien qui n'avait dû compter que sur ses maigres ressources personnelles pour la mise au point de ses découvertes, souvenons-nous donc de la nécessité, proclamée à plusieurs reprises dans les discours reproduits ici, de fournir à nos chercheurs les moyens matériels les plus perfectionnés pour leur permettre de tirer de leurs recherches toutes les conséquences qui peuvent en découler.

J. Blondin,

Directeur de la « Revue générale de l'Electricité ».

Digitized by Google

André-Marie AMPÈRE

22 janvier 1775 — 10 janvier 1836

1799 Mariage avec Mlle Julie Carron.

1801 Professeur de Chimie et de Physique à l'École centrale de l'Ain à Bourg.

1802 Premier mémoire : Considérations sur la théorie mathématique du Jeu.

1804 Professeur de Mathématiques et d'Astronomie au Lycée de Lyon.

1805 Répétiteur d'Analyse mathématique à l'École Polytechnique.

1806 Secrétaire du Bureau consultatif des Arts et Métiers.

1808 Inspecteur général de l'Université.

1809 Professeur d'Analyse mathématique et de Mécanique à l'École Polytechnique.

1814 Membre de l'Institut.

1819 Professeur de Philosophie à la Faculté des Lettres de Paris.

1820 20 Août, Professeur suppléant d'Astronomie à la Faculté des Sciences de Paris.

4 Septembre, Arago fait part à l'Académie de la découverte d'Œrsted.

11 Septembre, Répétition par Arago de l'expérience d'Œrsted.

18 Septembre, Mémoire relatif aux nouveaux phénomènes galvanico-magnétiques et explication de l'expérience d'Œrsted.

25 Septembre, Répétition devant l'Académie de l'expérience sur les phénomènes galvanico-magnétiques.

1822 Mémoire sur la détermination de la formule qui représente l'action mutuelle de deux portions infiniment petites de conducteurs voltaïques,

1824 Professeur de Physique générale expérimentale au Collège de France.

MEMBRE DE LA LÉGION D'HONNEUR

MEMBRE DES SOCIÉTÉS SAVANTES DE LONDRES ET D'ÉDIMBOURG,

DES ACADÉMIES DE BERLIN, DE STOCKHOLM, DE BRUXELLES, DE LISBONNE,

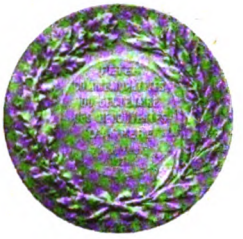
DES SOCIÉTÉS DE CAMBRIDGE, DE GENÈVE, ETC.

Digitized by Google

AVIS AU LECTEUR

Les personnes qui désireraient posséder un exemplaire de la Médaille frappée à l'occasion des Fêtes commémoratives du Centenaire des Découvertes d'Ampère ou les volumes des Mémoires d'Ampère sur l'Électrodynamique, voudront bien nous retourner remplis les bulletins de souscription ci-dessous.

MÉDAILLE COMMÉMORATIVE
DU
CENTENAIRE DES DÉCOUVERTES D'AMPÈRE



BULLETIN DE SOUSCRIPTION

Je, soussigné, désire souscrire à un exemplaire en { *vermeil* (1 / *argent* / *bronze* *de la Médaille frappée à l'occasion des Fêtes du Centenaire des Découvertes d'Ampère et vous adresse* (2) *inclus* ..... *francs en espèces, chèque ou mandat-postal* (1), *montant de ma souscription.*

SIGNATURE :

Nom et prénoms :

Qualité :

Adresse :

(1) Rayer les mots inutiles :
(2) Faire tous les envois au nom de "Revue générale de l'Electricité" 12, place de Laborde, Paris-8e — Chèques postaux : Paris 239-86

PRIX DES MÉDAILLES : vermeil, **100 fr**; argent, **80 fr**; bronze, **40 fr.**

MÉMOIRES D'AMPÈRE SUR L'ÉLECTRODYNAMIQUE

BULLETIN DE SOUSCRIPTION

aux tomes II et III de la "Collection des Mémoires relatifs à la Physique"

Je, soussigné, désire souscrire à un exemplaire des tomes II et III de la Collection des Mémoires relatifs à la Physique, éditée par la Société française de Physique et contenant les Mémoires d'Ampère sur l'Électrodynamique, et vous adresse (2) *inclus* ..... *francs en espèces, chèque ou mandat-postal* (1), *montant de ma souscription.*

SIGNATURE :

Nom et prénoms :

Qualité :

Adresse :

(1) Rayer les mots inutiles.
(2) Faire tous les envois au nom de "Revue générale de l'Électricité", 12, place de Laborde, Paris-8e — Chèques postaux : Paris 239-86

PRIX DES 2 TOMES : Paris **21 fr**; Départements **21,50 fr**; Étranger **25 à 26 fr**, suivant pays

Digitized by Google

Digitized by Google

Institut Royal de France.

Acad.ie des Beaux Arts (Géométrie.)

AMPERE,

(André-Marie)

Membre de la Légion d'honneur, etc.

Né à Lyon le 22 Janvier 1775, élu en 1814.

Digitized by Google

Digitized by Google

L'ŒUVRE ET LA VIE D'AMPÈRE

Digitized by Google

Digitized by Google

AMPÈRE

Mathématicien.

On a dit avec raison que la civilisation moderne, en ce qu'elle a de matériel et de pratique, est scientifique et même électrique ; communications, transports, éclairage, force motrice, etc., tout est électrique ou du moins transmis et transformé par l'intermédiaire de l'électricité. C'est Ampère qui est le grand génie créateur d'où est sorti ce monde nouveau dont nous voyons seulement la genèse ; par un retour fatal, les découvertes d'Ampère auront un retentissement social immense ; elles aboutiront à une transformation morale de l'humanité entière, car, lorsque les agents naturels, les glaciers, les chutes d'eau, les fleuves, les vents, les marées, etc., auront été employés à faire marcher les machines de l'industrie et de l'agriculture, à faire circuler les trains et les tramways, à éclairer et à chauffer les usines et les habitations, les hommes, enfin soustraits au labeur incessant nécessité par la vie matérielle de chaque jour, pourront réfléchir, regarder le ciel, penser à leurs devoirs d'êtres humains et sociaux.

Dans le domaine de l'électricité, l'œuvre admirable d'Ampère, l'histoire de ses découvertes et de leur développement a été rappelée et décrite par de plus compétents que moi. Le Comité m'a demandé de caractériser l'œuvre d'Ampère comme mathématicien. Je l'en remercie et je vais tâcher de donner d'Ampère mathématicien l'idée la plus exacte possible.

Tout d'abord, le point essentiel est qu'Ampère a toujours considéré les mathématiques comme un instrument : il a toujours poursuivi l'utilisation des mathématiques en vue de ses recherches physiques. Il va de soi que le mot utilisation est entendu ici d'une façon très élevée ; il signifie qu'Ampère n'a jamais songé aux développements mathématiques pour eux-mêmes ; il s'est toujours attaqué à des problèmes qui étaient posés par les recherches physiques, dont la solution existait certainement, mais ne pouvait être obtenue avec précision que par les méthodes mathématiques. L'exemple le plus complet de cette tournure d'esprit nous est fourni par la fameuse formule dite d'Ampère et de Stokes qui transforme une intégrale double étendue à une surface courbe en une inté-

Digitized by Google

grale simple étendue au contour. Ampère, ayant besoin de cette transformation pour faire l'assimilation d'un feuillet magnétique à un courant électrique circulant sur le bord du feuillet, a établi la formule pour ce cas particulier et s'est ensuite déclaré satisfait. Mais la formule est plus générale du point de vue mathématique abstrait, comme l'a montré Stokes, en la donnant dans sa généralité, sous une forme que les calculs mêmes d'Ampère permettaient de prévoir. Un exemple analogue est fourni par la méthode qu'Ampère a suivie pour obtenir la surface des ondes.

Les recherches mathématiques d'Ampère peuvent se diviser en trois grandes classes :

I. Les recherches relatives aux applications des mathématiques, au calcul des probabilités, aux invariants différentiels, à la mécanique, à la réfraction, à l'électrodynamique.

II. Les recherches relatives aux équations aux dérivées partielles.

III. Les ouvrages d'enseignement.

I. Le premier en date des mémoires mathématiques d'Ampère est de l'an XI (1802). Il est intitulé : « Considérations sur la théorie mathématique du Jeu », par A.-M. Ampère, de l'Athénée de Lyon et de la Société d'Emulation et d'Agriculture de l'Ain, professeur de physique à l'Ecole centrale du même département. (A Lyon, chez les frères Perisse, Imprimeurs-Libraires, Grande-Rue-Mercière, n° 15.)

Pour caractériser l'objet de ce mémoire dans lequel se rencontrent beaucoup de formules se rapportant à l'analyse combinatoire, il suffit de citer Ampère lui-même :

« Plusieurs écrivains, parmi lesquels on doit distinguer le célèbre Dussaulx, ont eu recours à l'expérience pour prouver que la passion du jeu conduit ceux qui s'y livrent à une ruine inévitable. L'ensemble des faits qu'ils ont réunis suffit, sans doute, pour convaincre tout homme impartial ; mais les joueurs y font peu d'attention, parce qu'ils s'accoutument à ne voir que l'effet du hasard dans les événements les plus propres à leur faire connaître toute l'étendue des dangers où ils se précipitent. Ces évènements feraient peut-être plus d'impression sur leur esprit, si on leur démontrait qu'ils doivent les considérer comme une suite nécessaire de la combinaison des chances, et qu'ils ne peuvent éviter les mêmes malheurs qu'en cessant de s'y exposer. Tel fut, sans doute, le motif qui engagea l'illustre Buffon, cet auteur dont les erreurs mêmes portent l'empreinte du génie, à examiner cette question sous un point de vue purement mathématique dans son essai d'arithmétique morale. »

. . . . . .

« Je me suis décidé à ne faire entrer dans le calcul que les valeurs absolues des sommes jouées, comme on le fait constamment dans la théorie ordinaire des probabilités : j'ai trouvé avec cette manière des résultats assez différents de ceux

Digitized by Google

Monument d'Ampère à Lyon

Digitized by Google

de Buffon, mais sur lesquels je ne crois pas que les démonstrations suivantes puissent laisser le moindre doute. J'ai banni de ces démonstrations les méthodes d'induction, dont on fait, à ce qu'il semble, trop d'usage dans la théorie des probabilités et dans celle des séries ; le désir de n'employer que des preuves directes, m'a obligé d'avoir recours à des formules que je crois nouvelles et qu'on trouvera dans ce mémoire. »

Vient ensuite, dans l'ordre chronologique, un mémoire sur les avantages qu'on peut retirer, dans la théorie des courbes, de la considération des paraboles osculatrices, avec des réflexions sur les fonctions différentielles dont la valeur ne change pas lors de la transformation des axes. (Envoyé à l'Institut en frimaire an XII (décembre 1803), par A.-M. Ampère, professeur de mathématiques au Lycée de Lyon, actuellement répétiteur de mathématiques à l'École Polytechnique.) Dans cette théorie, Ampère est, comme toujours, un précurseur : il se borne aux fonctions des coordonnées d'un point d'une courbe et des dérivées de l'ordonnée par rapport à l'abscisse qui sont laissées invariantes par un changement des axes de coordonnées. Telle est, par exemple, l'expression que donne le rayon de courbure en un point d'une courbe ou le paramètre de la parabole osculatrice, etc... Cette théorie devait être naturellement étendue aux fonctions du même genre qui restent inaltérées par une transformation projective : ces nouvelles fonctions ont été formées par Halphen, capitaine d'artillerie, répétiteur à l'École Polytechnique, dans une thèse sur les invariants différentiels, soutenue en 1876.

Ampère devait être naturellement conduit à s'occuper de mécanique.

On sait quelle est, en mécanique rationnelle, l'importance du théorème du travail virtuel dont Lagrange a déduit les formules de sa mécanique analytique. Ce rôle fondamental devait attirer l'attention des géomètres et provoquer des démonstrations rigoureuses du théorème. Ampère donne une démonstration générale du principe des vitesses virtuelles dégagée de la considération des infiniment petits.

« Le principe des vitesses virtuelles, dit Ampère, qui sert de base à l'admirable ouvrage sur la mécanique analytique, fut considéré par son auteur comme un fait dont il ne se proposait alors que de développer toutes les conséquences ; on s'est occupé, depuis, de la démonstration générale de ce principe : M. Lagrange l'a ramené d'une manière très simple au principe de l'équilibre des moufles ; M. Carnot l'a suivi dans l'équilibre du levier. La démonstration de ce même principe a été déduite par M. Laplace de considérations plus générales, mais trop abstraites peut-être pour être mises facilement à la portée des commençants. Je me suis proposé de donner, autant qu'il me sera possible, la même généralité à une démonstration qui reposât uniquement sur la théorie de la composition et de la décomposition des forces appliquées à un même point et qui fût dégagée de la considération des quantités infiniment petites. »

Digitized by Google

La démonstration d'Ampère est devenue classique : son intérêt est qu'elle est rigoureuse et générale ; son défaut est qu'elle est trop abstraite et qu'elle paraît s'appliquer seulement aux liaisons holonomes, c'est-à-dire aux liaisons exprimables par des équations en termes finis : au contraire, la démonstration la plus usuelle, dite démonstration de l'École Polytechnique, repose sur l'analyse des diverses liaisons parmi lesquelles peuvent figurer des liaisons non holonomes. La démonstration d'Ampère se rapporte d'abord au cas des liaisons complètes ; elle est ensuite étendue au cas général. Il est peut-être intéressant de rappeler à ce sujet que déjà Lagrange a considéré des liaisons non holonomes, comme on le verra dans la « Mécanique analytique » (Édition de Joseph Bertrand, t. II, page 194, note *).

Toujours dans l'ordre chronologique, nous rencontrons ensuite un mémoire sur quelques nouvelles propriétés des axes permanents de rotation des corps et des plans directeurs de ces axes, mémoire qui a été lu à l'Académie royale des Sciences le 18 juin 1821. Dans ce mémoire, Ampère désigne, sous le nom d'axes permanents de rotation d'un corps solide, les lignes droites invariablement liées au corps et possédant la propriété suivante : on peut, sur la droite, déterminer un point tel, qu'en le supposant fixe et en faisant tourner le corps autour de cette droite, le mouvement se continue indéfiniment sans que les forces centrifuges qui en résultent tendent à déplacer le centre de rotation. Il nomme centre de rotation d'un axe permanent le point ainsi déterminé sur cet axe, et il dit qu'une droite est axe permanent relativement à un point quand ce point est son centre de rotation. Il appelle plans directeurs des axes permanents de rotation ou plus simplement plans directeurs, les plans situés dans un corps ou hors de ce corps, de manière qu'on puisse y déterminer un point tel que toutes les lignes menées par ce point dans le plan soient les axes permanents, en quelque point de la longueur de ces axes que soient d'ailleurs placés leurs centres de rotation. Il nomme centre de convergence d'un plan directeur le point ainsi déterminé sur ce plan.

Le mémoire suivant, lu à l'Académie le 26 floréal an XI, est intitulé : « Recherches sur l'application des formules générales du calcul des variations aux problèmes de la Mécanique ». Voici l'analyse du mémoire de la plume même d'Ampère :

« L'immortel auteur de la « Mécanique analytique », après avoir montré comment on peut appliquer aux corps solides ou fluides d'un volume fini la formule qu'il a nommée équation générale de l'équilibre, observe (part. I, sect. 4, art. 16) que cette équation, lorsqu'on y substitue, à la place des différentes variations qu'elle contient, leurs valeurs en fonctions des coordonnées qu'on a choisies et de leurs variations telles qu'elles résultent des circonstances particulières à chaque problème, prend toujours une forme analogue à celle des équations que le calcul des variations fournit pour la détermination des maxima et minima des formules intégrales. Frappé de cette analogie, je crus d'abord

Digitized by Google

qu'on pouvait appliquer immédiatement, à l'équation générale de l'équilibre, les formules dont Lagrange partage avec Euler la gloire d'avoir enrichi le calcul des variations et qui, conduisant directement aux résultats qu'on obtiendrait de l'intégration par parties, dispensent de recourir sans cesse à cette fastidieuse opération qui revient dans tous les problèmes de mécanique, lorsqu'on suit exactement dans leurs solutions la méthode donnée dans l'ouvrage que je viens de citer. Les difficultés que me présenta cette application qui m'avait d'abord semblé si facile, en me faisant voir que l'analyse sur laquelle elle était fondée n'était pas aussi complète que je l'avais cru, me conduisirent aux résultats qui font l'objet de ce mémoire.

« Ils se trouvent naturellement divisés en deux paragraphes. Dans le premier, j'examine les différences qui se trouvent dans la marche du calcul, lorsqu'on résout par la méthode des variations des problèmes purement géométriques, et lorsqu'on l'applique à la solution des questions de mécanique; je remonte à la cause de ces différences, et je donne une idée des modifications qu'elles obligent d'apporter aux formules ordinaires pour les rendre applicables à la solution de cette dernière sorte de question. Dans le second, je démontre, par le calcul, la vérité des principes que je viens de poser; j'en déduis les formules qu'il convient, dans le cas que j'examine, de substituer à celles qu'on trouve dans la « Mécanique analytique » pour éviter le travail des intégrations par parties et je parviens à quelques résultats généraux que ceux qui s'occupent de cette partie de l'analyse mathématique ne verront peut-être pas sans intérêt. Pour donner un exemple de ces formules, je les applique au cas où un fil inextensible, dont toutes les parties sont supposées également pesantes, est suspendu par ses deux extrémités. Conduit par là à l'équation connue de la courbe qu'on trouve indiquée dans tous les traités de mécanique sous le nom de chaînette, je déduis de cette équation quelques propriétés très singulières de cette courbe et de sa développante, propriétés qui sont peut-être connues depuis longtemps, mais dont je n'ai trouvé aucune trace dans les ouvrages que j'ai parcourus. »

Le problème fondamental de la dynamique, déterminé par le mouvement d'un point matériel produit par une force donnée, a de tout temps préoccupé les géomètres. Ampère, en 1826, à l'occasion des leçons qu'il professait au Collège de France sur la dynamique, a composé un mémoire sur les équations générales du mouvement, publié dans le *Journal de Mathématiques*. Ces équations, qui expriment analytiquement la formule

$$F = m J,$$

sont admises par tous les géomètres, et le principe qui les contient est connu sous le nom de principe des forces accélératrices. « Mais, dit Ampère, si l'on s'accorde généralement à en reconnaître l'exactitude, on est au contraire loin de s'entendre sur la manière dont on doit les démontrer, puisque les uns regardent, avec Laplace, le principe des forces accélératrices comme déduit d'un résultat d'expérience, tandis que d'autres, au contraire, parmi lesquels figure Euler, ont

Digitized by Google

essayé d'en établir la vérité à priori. Cette dissidence entre les premiers géomètres indique assez les difficultés du sujet. »

Ampère, pour établir le principe des forces accélératrices, détermine la direction et l'intensité de la force produite par l'inertie. Il indique que l'idée fondamentale de son mémoire lui est connue depuis plus de vingt ans. Il se trouve contraint d'admettre quelque chose du principe des mouvements relatifs de Laplace, mais il croit n'avoir conservé de ce principe que ce qui est d'une évidence manifeste ; à peu près comme pour démontrer le parallélogramme des forces, on part du cas très simple où, les forces étant de même grandeur, la direction de la résultante est connue à priori.

Les anciens géomètres avaient l'usage de ramener les phénomènes de la réfraction ordinaire et ceux de la réfraction extraordinaire au principe de la moindre action. Laplace notamment a fait voir, au moyen de ce principe, que les problèmes de réfraction se réduisent à de simples questions d'analyse, dès que l'observation a fait connaître la vitesse que prend la lumière dans chaque milieu, qu'elle dépende ou non de la direction du rayon lumineux.

Ampère a donné la démonstration d'un théorème d'où l'on peut déduire toutes les lois de la réfraction ordinaire et extraordinaire. Dans un mémoire lu à l'Institut le 27 mars 1815, il démontre, en général, l'identité du principe de la moindre action et d'une construction analogue à celle que Huyghens a donnée pour le cas où le rayon passe d'un espace vide dans un milieu où la loi de la réfraction extraordinaire ne dépend que d'un seul angle. Il montre que, pour traiter le cas le plus général, il suffit d'admettre que la vitesse dépend de deux angles : la simplicité de la démonstration qu'il donne résulte du choix des deux variables considérées comme indépendantes.

En 1826, André-Marie Ampère a publié un mémoire d'une importance capitale, intitulé : « Théorie mathématique des phénomènes électrodynamiques uniquement déduite de l'expérience ». Ce mémoire a été réédité en 1883, à la Librairie scientifique Hermann, 8, rue de la Sorbonne. La méthode suivie par Ampère est celle même de Newton : observer d'abord les faits, en varier les circonstances autant qu'il est possible, accompagner ce premier travail de mesures précises pour en déduire des lois générales, uniquement fondées sur l'expérience, et déduire de ces lois, indépendamment de toute hypothèse sur la nature des forces qui produisent les phénomènes, la valeur mathématique de ces forces. Ampère, sans faire aucune recherche sur la cause même des phénomènes électrodynamiques, a consulté uniquement l'expérience pour en déduire la formule qui peut seule représenter les forces élémentaires auxquelles ils sont dus.

Guidé par les principes de la philosophie newtonienne, Ampère a ramené le phénomène de M. Œrsted à des forces agissant suivant la droite qui joint les deux particules entre lesquelles elles s'exercent ; il calcule, d'après cette formule, les forces qui en résultent entre des particules magnétiques et celles d'un conducteur ou d'un autre aimant, et il montre que les résultats du calcul sont

Digitized by Google

complètement vérifiés : 1° par les expériences qu'il a faites et par celles qu'on doit à Pouillet, sur la détermination précise des situations où il faut que se trouve un conducteur mobile, pour qu'il reste en équilibre lorsqu'il est soumis à l'action, soit d'un autre conducteur, soit d'un aimant ; 2° par l'accord de ses résultats avec les lois que Coulomb et Biot ont déduites de leurs expériences, le premier relativement à l'action mutuelle de deux aimants, le second à celle d'un aimant et d'un fil conducteur. L'avantage des formules qui sont ainsi conclues de quelques faits généraux est de rester indépendantes, tant des hypothèses dont leurs auteurs ont pu s'aider dans la recherche de ces formules que de celles qui peuvent leur être substituées dans la suite. Quelle que soit la cause physique à laquelle on veuille rapporter les phénomènes produits par l'action électrodynamique, la formule obtenue par Ampère restera toujours l'expression des faits.

C'est dans ce beau mémoire que se trouve établie (page 145 de la 2° édition) la formule fondamentale généralisée par Stockes, donnant l'action qui résulte des attractions et des répulsions des deux fluides magnétiques répandus et fixés sur deux assemblages de surfaces exprimées par des intégrales simples prises le long des contours terminant ces surfaces. Le mémoire se termine par des notes contenant quelques nouveaux développements sur les objets qui y sont traités. Dans cette déduction, Ampère a été véritablement un créateur : il a imaginé et mené à bonne fin une méthode de calcul basée sur les résultats de l'expérience, méthode qui a été appliquée dans d'autres théories, mais dont la conception et l'application féconde sont dues à son génie.

II. Dans le domaine des mathématiques pures, Ampère a publié des mémoires fondamentaux sur les équations aux dérivées partielles. Les conséquences de ses beaux travaux sont loin d'être épuisées, et l'on verra, aussi bien dans le traité de Géométrie supérieure de Darboux que dans les Leçons sur les équations aux dérivées partielles de M. Goursat, quels sont l'importance, le développement et la profondeur des idées d'Ampère.

Dans un premier mémoire, lu à l'Institut le 11 juillet 1814 et inséré au 17° cahier du Journal de l'Ecole royale polytechnique, Ampère développe des considérations générales sur les intégrales des équations aux différentielles partielles. Dans un deuxième mémoire, inséré au 18° cahier du Journal de l'Ecole royale polytechnique, Ampère donne l'application de la théorie précédemment exposée à l'intégration des équations aux différentielles partielles du premier et du second ordre.

Dès le début de sa théorie, Ampère donne une définition restée classique de l'intégrale générale d'une équation aux dérivées partielles. « Pour que les intégrales puissent être générales, dit-il, il faut qu'elles contiennent des quantités arbitraires, afin qu'après les avoir éliminées entre l'intégrale et ses dérivées à l'infini, il ne reste que les relations exprimées par l'équation donnée et par ses

Digitized by Google

dérivées. » Sans doute, il est le plus souvent impossible de trouver l'intégrale des équations aux dérivées partielles, aussi a-t-on substitué peu à peu, surtout sous l'influence des travaux de Fourier, de Cauchy, de Riemann et de leurs élèves, à la recherche de l'intégrale, l'étude des propriétés des intégrales particulières satisfaisant à des conditions aux limites données.

La plupart des problèmes qu'on a traités jusqu'ici dans ce sens se ramènent à deux types. Etant donnée une solution

$$z = f(x, y),$$

on peut considérer cette équation comme représentant une surface. Le premier système de conditions aux limites, ou système de Cauchy, consiste à donner une courbe par laquelle doit passer la surface et la loi des plans tangents le long de cette courbe. Un autre système de conditions consiste à donner une courbe fermée, par laquelle doit passer la surface, avec cette hypothèse que la surface forme une nappe continue à l'intérieur de la courbe. En étudiant cette question pour les équations linéaires en r, s, t, $rt - s^2$, on est conduit à la notion fondamentale des multiplicités caractéristiques qui est la base même des travaux de Monge et d'Ampère. La méthode d'Ampère est plus générale que celle de Monge, quoiqu'elle conduise aux mêmes calculs, lorsque celle de Monge peut être appliquée; mais la méthode d'Ampère s'applique à des équations que la méthode de Monge ne permettrait pas d'intégrer. Dans les deux dernières parties de son mémoire, Ampère montre que, lorsque les équations de l'un ou de l'autre de ces systèmes de caractéristiques ou des deux systèmes à la fois, présentent une seule combinaison intégrable, on peut ramener l'équation proposée à une équation dans laquelle figurent au plus deux dérivées du second ordre. Dans cette partie de son mémoire, Ampère entre très profondément dans l'étude du problème : il se montre un précurseur génial, il emploie des transformations générales qu'on a appelées, depuis, des transformations de contact. Il est donc le véritable fondateur de cette dernière théorie, dont il a développé les principes un demi-siècle avant les travaux de l'illustre mathématicien norvégien Sophus Lie.

Ampère, en partant de considérations à priori sur la forme des intégrales, distingue entre les deux espèces de caractéristiques, celles du premier et celles du second ordre. A la théorie des caractéristiques du premier ordre se rattache la recherche des intégrales intermédiaires. On verra, dans l'ouvrage de M. Goursat (Leçons sur l'intégration des équations aux dérivées partielles du second ordre à deux variables indépendantes, chapitre II), quelle est l'importance capitale des recherches d'Ampère, pour la théorie moderne des équations aux dérivées partielles.

III. Il faut considérer, comme ouvrage d'enseignement, tout d'abord, un mémoire publié dans le 13e cahier du Journal de l'Ecole Polytechnique en 1806 et intitulé : « Recherches sur quelques points de la théorie des fonctions déri-

Digitized by Google

vées » qui conduit à une nouvelle démonstration de la série de Taylor et à l'expression finie des termes qu'on néglige lorsqu'on arrête cette série à un terme quelconque. On sait quelles sont les difficultés d'application de la formule de Taylor, quand on reste dans le domaine des variables réelles. On connaît l'importance fondamentale que présentent les formules exprimant le reste de la série. Lagrange a donné une expression classique pour ce reste ; dans le mémoire actuel, Ampère en donne une autre : les limites, auxquelles il est conduit, sont précisément celles qu'a données Lagrange.

Comme autre ouvrage d'enseignement, il est bien intéressant de remarquer qu'Ampère a composé un précis de calcul différentiel et de calcul intégral. Il y expose la nature des différentes espèces de fonctions, des signes à l'aide desquels on peut les représenter. Il étudie les différents cas où une fonction d'une variable peut se présenter sous la forme indéterminée $\frac{0}{0}$. Il s'occupe de la continuité des fonctions. Il étudie minutieusement le rapport $\frac{f(X) - f(x)}{X - x}$ et il est conduit ainsi à un théorème très voisin de celui qu'on appelle théorème des accroissements finis. Il introduit ensuite les différentielles qu'il définit en physicien. Puis il s'occupe de la différentiation des fonctions de fonctions, des fonctions de plusieurs variables, des fonctions implicites, des dérivées et des différentielles d'ordre supérieur, etc.

Nous venons de donner un aperçu sommaire de l'ensemble de l'œuvre mathématique d'Ampère. Cette œuvre, même sans les immortels travaux d'Ampère qui le constituent comme le fondateur de l'électrodynamique, serait, à elle seule, de nature à placer Ampère au premier rang parmi les mathématiciens qui ont créé les mathématiques modernes et à l'égaler aux plus illustres d'entre eux, aux Laplace, aux Lagrange, aux Monge, aux Hermite, aux Poincaré, etc.

P. APPELL,
Membre de l'Institut.

Digitized by Google

AMPÈRE

Professeur au Collège de France

Ampère a appartenu au Collège de France, comme professeur de physique expérimentale, pendant douze ans, de 1824 à 1836, c'est-à-dire jusqu'à sa mort. Parmi tant d'hommes éminents, qui se sont succédé dans cette chaire, Ampère nous apparaît actuellement comme étant sans conteste le seul véritablement génial. En 1824, Ampère avait déjà publié tout l'essentiel de ses découvertes électromagnétiques et électrodynamiques : expériences incontestables et théorie aussi exacte qu'imprévue (1). On pourrait donc croire que l'élection d'Ampère dut se faire, pour ainsi dire, par acclamation! Point du tout! Sachant que Fresnel était aussi sur les rangs, — non moins génial, non moins illustre, — nous nous figurerons peut-être que : « les votes se sont partagés d'abord; car le choix était vraiment difficile! » Pas davantage. Ni Ampère, ni Fresnel ne sont trouvés vraiment en ligne à la première séance de présentation par l'Assemblée des professeurs du Collège de France, le 11 avril 1824. Tant il est difficile, aux contemporains, de distinguer le génie du talent!

La situation était d'ailleurs assez compliquée et il est bien difficile aujourd'hui de savoir quelles considérations extra-scientifiques ont pu jouer un rôle dans cette circonstance. Ce n'est, ni par la mort du titulaire, ni par sa retraite. mais par sa révocation, que la chaire de physique expérimentale devenait vacante! Le professeur de physique expérimentale était Lefèvre-Gineau, le merveilleux expérimentateur qui avait établi, avec la collaboration de Fabroni, l'étalon du kilogramme conforme à sa définition dans le système

(1) Voir les deux volumes de *Mémoires sur l'Electrodynamique* publiés par la Société française de Physique en 1885 et 1887, chez Gauthier-Villars, par les soins de Joubert, et, nous pouvons bien le dire aujourd'hui, aux frais d'un bienfaiteur fidèle de la Société : « un généreux anonyme », Worms de Romilly.

Digitized by Google

métrique. D'abord professeur de mécanique (1786), il avait changé de chaire en 1804 et avait été nommé administrateur le 1er vendémiaire an IX (1). Membre du Corps législatif, de l'opposition en 1814, membre de la Chambre des Représentants pendant les Cent-Jours, réélu à la Chambre des Députés sous Louis XVIII. Lefèvre-Gineau siégeait à gauche et appartenait à l'opposition avancée, mais il prenait rarement part aux débats.

Lefèvre-Gineau n'était pas *persona grata* au Ministère de l'Intérieur, et l'Instruction publique n'était alors qu'une annexe du Ministère de l'Intérieur. Lefèvre-Gineau était aussi depuis longtemps Inspecteur général des Études. Sous je ne sais quel prétexte, le sous-secrétaire d'État à l'Intérieur, Corbière, révoqua Lefèvre-Gineau de ses fonctions et nomma administrateur Sylvestre de Sacy par décret du 30 décembre 1823. Par ce même décret, communiqué à l'Assemblée des Professeurs le dimanche 11 janvier 1825, il était dit qu'un professeur de physique expérimentale serait nommé dans la forme ordinaire (2). Lefèvre-Gineau fit savoir qu'il n'avait pas l'intention de réclamer; il transmit ses documents administratifs à son successeur qui lui en donna décharge. (*Dél. C. F.*, p. 4 et 5).

Les principales chaires scientifiques étaient alors occupées par

Binet (astronomie, nommé en 1823).
Biot (physique mathématique, 1801).
Cuvier (histoire naturelle, 1800).
Lacroix (mathématiques, 1815).
Laennec (médecine, 1822).
Portal (anatomie, 1769).
Thénard (chimie, 1804).

Comme toujours, les chaires de langues orientales, mortes ou vivantes, de philosophie, de droit des gens, etc., étaient à peu près deux fois plus nombreuses que les chaires de sciences.

L'élection vint trois mois après, à la séance du 11 avril 1824; tous les professeurs scientifiques étaient présents; en tout 18 votants.

Les candidats étaient (*Dél. C. F.*, p. 6).

Ampère (1775), de l'Institut, inspecteur général de l'Université, professeur à l'Ecole polytechnique.

Beudant (1787), professeur de minéralogie à la Faculté des Sciences.

Despretz (1792), agrégé de l'Université, chargé du cours de physique au Collège royal Henri IV.

Fresnel (1788), ingénieur des Ponts et Chaussées, Membre de l'Institut.

(1) A. Lefranc. *Histoire du Collège de France*, p. 306.

(2) Tous les renseignements inédits de cet article sont tirés du registre des Délibérations du Collège de France.

Digitized by Google

Pelletan (fils) (1782), professeur de physique à la Faculté de Médecine.

Pouillet (1790), professeur de sciences physiques au Collège royal de Bourbon.

Après une discussion dont nous ne savons rien, pas même quels furent les professeurs qui prirent la parole, le vote fut renvoyé au 25 avril. En voici les résultats.

	1er TOUR	2e TOUR	BALLOTAGE
	—	—	—
Ampère	3	1	»
Beudant	8	9	9
Fresnel	2	1	»
Pouillet	4	6	7
Bulletins blancs	1	1	2

L'Académie des Sciences, consultée par le Ministre de l'Intérieur, présenta Fresnel seul à une énorme majorité le 24 mai, pour la chaire de physique expérimentale du Collège de France; la section de physique avait proposé, *ex æquo*, Ampère et Fresnel, et Ampère avait demandé à ses amis de soutenir Fresnel.

Alors Beudant annonça qu'il n'accepterait pas, et l'Assemblée du Collège de France convoquée à nouveau le 11 juillet émit le vote suivant :

Ampère	11
Pouillet	5
Fresnel	2
Becquerel	1

L'Académie ne parait pas avoir été consultée à nouveau. Ampère fut enfin nommé, par ordonnance royale du 20 août 1824.

L'état détaillé de la collection de physique fut remis par Lefèvre-Gineau, et contrôlé par Ampère et Sylvestre de Sacy.

Voilà Ampère professeur au Collège de France. Quelles charges d'enseignement assume-t-il?

D'après le règlement de 1825 (*Dél. C. F.*, p. 16 et 37) chaque professeur doit faire trois leçons par semaine du 20 novembre au 20 juillet, sauf une interruption de deux ou trois semaines entre les deux semestres. La charge parut sans doute lourde, car, en se conformant à un des articles du règlement, un professeur d'abord, puis deux, puis plusieurs, obtinrent de l'Assemblée, de ne faire que deux leçons par semaine, en donnant des raisons que l'on s'abstenait systématiquement de mentionner au procès-verbal. Ampère ne paraît jamais

Digitized by Google

avoir usé de cette faculté. Bien que jeune encore, 49 ans à sa nomination, il fut souvent malade et dut se faire remplacer ou suppléer à plusieurs reprises.

On ne voit pourtant pas très bien comment il pouvait concilier un enseignement aussi absorbant avec ses fonctions d'Inspecteur général de l'Université qu'il conserva (1) jusqu'à sa mort.

Le 16 juillet 1826, Ampère avait demandé et obtenu de l'Assemblée des professeurs, la nomination d'un préparateur; c'était son collègue à l'Académie des Sciences, Savart; le traitement de préparateur était de six cents francs par an, du moins en 1832 (*Dél. C. F.*, p. 96 et 98). A la même époque, le traitement de professeur titulaire était de 5 000 francs (2). (*Dél. C. F.*, p. 139).

En 1829-1830, Ampère, malade à Hyères, se fit suppléer par Savart; en 1832-1833 c'est encore Savart qui supplée Ampère pendant le premier semestre, et Becquerel pendant le second. Ensuite, les travaux de reconstruction entrepris depuis quelques mois ne permirent plus de faire le cours. En 1833-1834, l'amphithéâtre de physique était inutilisable; en 1834-35, l'architecte, dont les travaux n'avançaient pas, et dont les plans n'étaient pas soumis à l'Administrateur, n'avait laissé disponibles pour tout l'enseignement qu'une salle de cours et un amphithéâtre; les cours expérimentaux furent interrompus. A la fin de 1835, on ne pouvait toujours pas faire communiquer le cabinet de Physique avec l'amphithéâtre et l'escalier d'arrivée des auditeurs n'était pas fait.

Quand Ampère mourut, en 1836, l'aménagement de l'amphithéâtre n'était pas encore terminé et Savart, qui succéda à Ampère comme professeur (sans concurrent), dut y faire des transformations. Cela lui fut possible, grâce à un virement de fonds approuvé par l'Assemblée (*Dél. C. F.*, p. 145) et accepté par le Ministère de l'*Instruction publique* (créé le 11 octobre 1832). Ampère avait en effet obtenu — la même année 1836 évidemment — un crédit de 12 000 francs pour la construction d'un appareil, qui ne parut pas indispensable à son successeur. Nous ignorons absolument quel appareil Ampère voulait construire avec cet important crédit.

Quant aux crédits pour le travail courant des professeurs, je suppose qu'ils étaient compris dans les 13 156 francs qui, depuis 1832, figuraient pour « dépenses variables » au budget du Collège et que l'assemblée trouvait bien insuffisants en 1836 (*Dél. C. F.*, p. 139). Les laboratoires de recherches n'étaient certainement pas vastes. Plusieurs professeurs étaient logés; Biot, l'un des plus anciens, occupa après la reconstruction à peu près l'appartement

(1) Arago. *Notices biographiques*, t. II, p. 109 et suivantes, et Sainte-Beuve. *Revue des Deux Mondes*, 15 février 1837.

(2) Sous Napoléon Ier, les traitements étaient de 6 000 francs. Après les Cent Jours, la Restauration les avaient réduits à 5 000 francs. Sous le second Empire, le ministre de l'Instruction publique avait proposé 10 000 francs (qui ne furent obtenus que vers 1880), mais la Chambre des Députés n'accorda que 7 500 francs (*Dél. C. F.*, 7 avril 1860).

Digitized by Google

actuel de l'Administrateur; il parvint à y adjoindre deux petites pièces sous les combles pour ses expériences d'optique (*Dél. C. F.*, p, 127) (actuellement tout en haut de l'annexe de la bibliothèque).

« L'assemblée arrête que M. l'Administrateur devra de nouveau réclamer la libre disposition des chambres dont il s'agit, non pas dans l'intérêt particulier de M. Biot, mais dans l'intérêt du Collège et des Sciences, qu'il ne s'agit pas seulement d'enseigner, mais auxquelles on doit incessamment tendre à faire faire des progrès; il devra faire sentir que, dans ce but, il convient qu'il y ait toujours, dans un établissement tel que le Collège de France, quelques pièces qu'on puisse consacrer à des expériences de différente nature et que l'Assemblée puisse mettre à la disposition de tel ou tel de MM. les professeurs de sciences expérimentales, sur leur demande et selon les circonstances.

» Les chambres dont il s'agit sont, par leur position, singulièrement propres aux expériences d'optique et cette considération est trop puissante pour que l'Assemblée de MM. les professeurs n'insiste pas sur cette demande. Ils doivent même désirer qu'il soit encore ménagé, dans les dispositions qui restent à faire, quelques autres pièces destinées à un semblable usage » (15 novembre 1835).

Binet, le professeur d'astronomie, avait vu disparaître un « observatoire » et réclamait qu'on lui fournit l'équivalent, pour l'enseignement (*Dél. C. F.*, p. 118). Sous Louis-Philippe, en 1832, on interdisait à Magendie dissections et vivisections. (*Dél. C. F.*, p. 82). L'architecte supprimait des logements, pour faire de belles salles de collections de chimie, que Thénard déclarait tout à fait inutiles pour l'enseignement. (*Dél. C. F.*, p. 122) (1834).

C'est probablement de cette époque que datent l'amphithéâtre actuel et le vaste emplacement réservé aux collections de Physique au premier étage; mais je doute qu'Ampère et Savart aient joui de l'emplacement occupé au même étage au fond de la cour d'honneur par le laboratoire, depuis Regnault.

Ainsi, pendant les douze années qu'Ampère appartint au Collège de France, il fut suppléé au moins deux fois, et l'état des reconstructions rendit l'enseignement impraticable deux années, à ce qu'il semble. Quel enseignement donna-t-il les huit autres années? Les affiches de cette période n'ont pu être retrouvées, et presque tout document fait défaut. Voici tout ce que nous avons pu découvrir.

2e Semestre 1828. — M. Ampère continuera la partie de son cours qui est relative *aux forces et aux mouvements moléculaires;* il traitera d'abord de la *Chaleur* et de la *Lumière*. Il montrera comment tous les phénomènes qui s'y rapportent s'expliquent avec la plus grande facilité lorsqu'on les considère comme produits par des *mouvements vibratoires*, quels sont ceux dont on ne peut rendre raison dans aucune hypothèse, et en quoi consiste la différence entre les mouvements auxquels sont dus les phénomènes de la *Chaleur* et ceux de la *Lumière*. Il s'occupera ensuite de l'*Electricité moléculaire* et terminera son cours par *l'application de toutes les parties de la Physique à l'explication des phénomènes généraux de notre globe, ou de la météorologie.*

Leçons consacrées aux expériences les lundis et vendredis. Leçons purement théoriques, les mercredis.

Digitized by Google

Pour cette année 1827-1828, c'est donc toute la Physique, y compris la Physique du globe, qu'Ampère se proposait de développer devant son auditoire, en 80 ou 90 *leçons* (à raison de trois par semaine de fin novembre à fin juillet).

Ce qui distinguait ce cours du Collège de France d'un cours de la Faculté, c'est vraisemblablement la liberté que s'accordait le professeur de s'écarter des explications généralement acceptées et classiques, et d'exposer surtout ses vues personnelles sur la constitution des corps et la nature de la Chaleur et de la Lumière (1).

Il est probable que le programme de l'année précédente n'était pas très différent.

C'est évidemment en préparant ces leçons de 1828, qu'Ampère réussit à obtenir l'équation de la surface d'onde des biaxes, sans supposer à l'avance, comme avait fait Fresnel, que cette surface est seulement du 4e degré. C'est, en effet, le 26 août 1828 qu'Ampère lut à l'Académie des Sciences le *Mémoire sur la détermination de la surface courbe des ondes lumineuses, dans un milieu dont l'élasticité est différente suivant les trois dimensions.*

A la fin de 1830, une importante collection de minéralogie provenant du comte de Bournon, acquise par Louis XVIII, fut donnée au Collège de France et la question de l'utilité d'une chaire de *Géologie* et *Minéralogie* au Collège de France fut discutée par une commission ayant Ampère comme rapporteur. Les archives du Collège, pour le 24 octobre 1830, contiennent le long et intéressant rapport d'Ampère, très fortement motivé, en faveur de la création d'une telle chaire.

C'est seulement sept ans plus tard que la chaire fut créée pour Elie de Beaumont, sous le nom d'*Histoire naturelle des corps inorganiques.*

Le cours de 1832, dont nous n'avons pas conservé le programme, laissa dans la mémoire des fidèles du Collège de France un souvenir extraordinaire, dont la notice d'Arago (p. 70) et celle de Sainte-Beuve donnent l'impression très vivante. Ampère, qui avait acquis dans sa jeunesse des connaissances très étendues d'histoire naturelle, qui avait réfléchi à tout, s'était fait, dès 1803, une idée du développement des êtres vivants très voisine de celle que proposa plus tard Geoffroy-Saint-Hilaire. Cuvier, comme on sait, était d'opinion tout opposée. Chaque semaine, Cuvier critiquait avec toute son autorité et criblait de sarcasmes la théorie de Geoffroy-Saint-Hilaire; Ampère, dans son cours de *mathésiologie*, défendait à peu près exactement les mêmes vues que Geoffroy-Saint-Hilaire, avec une richesse de vues et une vivacité surprenantes, et réduisait à néant l'argumentation de Cuvier; mais, dès la semaine suivante, venait, écrasante, semblait-il, et directe, la réplique de Cuvier renseigné par son frère.

(1) Voir des articles d'Ampère, sur la constitution des corps, *Bibl. universelle*, t. XLIX, et *Revue encyclopédique*, novembre 1832, sur la formation de la terre; *Revue des Deux Mondes*, juillet 1833.

Digitized by Google

auditeur assidu d'Ampère, sur tous les arguments de ce dernier. Ce fut pendant plusieurs semaines, paraît-il, un beau tournoi, correct et courtois dans la forme, mais extrêmement vif quant au fond, non sans quelques traits académiquement acérés de la part de Cuvier.

Les affiches conservées du Collège de France ne nous révèlent qu'un autre programme, le dernier, 1835-1836. « L'état du cabinet de Physique ne permettant pas encore de faire le cours de Physique expérimentale, M. Ampère exposera les *Rapports mutuels et la Classification naturelle des sciences,* les lundis; il traitera de leurs principes fondamentaux et en particulier de ceux de la *Physique*, les mercredis et vendredis. »

Retenons seulement que même lorsqu'il se permet d'exposer les vues d'une extrême originalité, résultat de méditations poursuivies durant toute sa vie, sur la classification des sciences, Ampère n'oublie pas que c'est la physique expérimentale qu'il est chargé d'enseigner et lui réserve, au moins sur l'affiche, les deux tiers de ses leçons.

Peut-être, étant donné ce que les contemporains nous ont appris de la fougue de son esprit, ne respectait-il pas toujours la répartition des sujets inscrite sur l'affiche.

« La quantité de remarques neuves et ingénieuses, de points profonds et piquants d'observation, qui remplissaient une leçon de M. Ampère, distrayaient aisément l'auditeur de l'ensemble du plan, que le maître oubliait aussi quelquefois, mais qu'il retrouvait tôt ou tard à travers ces détours. On se sentait bien avec lui en pleine intelligence humaine, en pleine et haute philosophie antérieure au XVIIIe siècle; on se serait cru, à cette ampleur de discussion, avec un contemporain des Leibnitz, des Malebranche, des Arnauld; il les citait à propos, familièrement, même les secondaires et les plus oubliés de ce temps-là, M. de la Chambre par exemple; ... » (1).

Ce que Sainte-Beuve indique, sans appuyer, et respectueusement, sur les fréquentes digressions auxquelles s'abandonnait Ampère dans ses leçons, Arago nous le dit avec plus de précision, dans la Notice (2) si affectueuse et admirative qu'il a consacrée à Ampère en 1839 :

« Quand on parle des savants, nos contemporains, dont les facultés immenses ont été mal appliquées, le nom d'Ampère est le premier qui se présente à la pensée.

« Un homme d'Etat, célèbre par ses bons mots, disait d'un de ses adversaires politiques : « Sa vocation est de ne pas être ministre des Affaires étrangères. » A notre tour, nous pourrions affirmer à l'égard d'Ampère, que « sa vocation était de ne pas être professeur ».

(1) SAINTE-BEUVE. *Revue des Deux Mondes*, 1887; à propos des leçons sur la classification des sciences.

(2) Pages 107 et suivantes.

Digitized by Google

« Cependant c'est au professorat qu'on l'a forcé de consacrer la plus belle partie de sa vie; c'est par des leçons rétribuées qu'il a toujours dû suppléer à l'insuffisance de sa fortune patrimoniale.

. . . . . .

« Mais le savoir, mais le génie ne suffisent pas à celui qui se voue à l'enseignement d'une jeunesse vive, pétulante, moqueuse (École polytechnique), habile à saisir les moindres ridicules et à les faire servir à son amusement (1)...

« ..... Mais, on doit l'avouer, les leçons en souffraient; mais les forces d'un homme de génie auraient facilement reçu un emploi plus judicieux, plus utile...

« Je voudrais que notre colossal budget (2) n'oubliât pas que la France est avide de tous les genres de gloire; je voudrais qu'il assurât une existence indépendante au petit nombre d'hommes dont les productions, dont les découvertes, dont les ouvrages commandent l'admiration, et sont les traits caractéristiques des siècles; je voudrais que ces puissances intellectuelles, dès qu'elles se sont manifestées, le pays les couvrît de sa protection tutélaire; qu'il présidât à leur libre, à leur entier développement; qu'il ne souffrît pas qu'on les usât sur des questions vulgaires.....

« Tout le monde reconnaîtra que, sous le régime libéral dont je viens de tracer l'esquisse, Ampère eût été un des savants sur lesquels la munificence du pays se fût épanchée la première. Libre alors de tous soins, de toute inquiétude, débarrassé d'une multitude d'occupations assujettissantes, de détails mesquins, de servitudes minutieuses, notre ami aurait poursuivi avec ardeur, avec amour, avec persévérance, les mille idées ingénieuses qui traversaient journellement sa vaste tête... »

A ces paroles, on reconnaît l'ardeur généreuse, le dévouement à la science et à ses amis, qui ont animé Arago, toute sa vie. Mais où trouvera-t-on le nouvel Arago capable de distinguer ceux de ses contemporains qui ont du génie — car Arago paraît bien avoir eu un jugement d'une admirable clairvoyance — et de ne pas éparpiller la munificence nationale en menue monnaie inutile. Avouons que, pour être sûr de faire assez, il faudrait faire beaucoup trop et que, d'ailleurs, ce sont les travailleurs dévoués à leur tâche, mais sans génie, qui ont, pour rendre au pays tous les services dont ils sont capables, le plus besoin d'une installation matérielle suffisante et d'une collaboration nombreuse.

Si beaux que soient les autres travaux d'Ampère, ils le mettent au même niveau que plusieurs de ses contemporains, pas au-dessus. Ce qui le met au-dessus, incroyablement au-dessus de tous les autres, Fresnel seul excepté, ce sont les mémoires de 1820-1822, et des années suivantes. Qu'Ampère ait été enlevé à la science en 1819, le monde ne s'unirait pas à la France pour célébrer

(1) Voir aussi page 32.
(2) Arago, p. 112-113.

Digitized by Google

son centenaire. Qu'il ait cessé de vivre dès 1822, l'éclair était jailli, l'œuvre était faite, digne de l'admiration des siècles! A quel administrateur, à quel corps constitué demandera-t-on de deviner que, parmi tant de zélés et puissants travailleurs, c'est ce fantaisiste et bouillonnant Ampère qui, une certaine année, créera, pour ainsi dire de toutes pièces, l'édifice physicomathématique le plus éloigné des principes de la mécanique newtonienne, excitateur de vues théoriques nouvelles et — combien plus stupéfiante prophétie! — le fondateur, avec Faraday, de la plus puissante industrie, de la plus féconde en merveilles qu'on ait jamais vue! Où trouver un autre Arago, comment lui donner le pouvoir de réaliser ses vœux?

Ainsi, dès 1822, Ampère a établi les lois électrodynamiques qui régissent toute transformation d'énergie électrique en énergie mécanique.

Dix ans plus tard, Faraday découvre les lois expérimentales qui règlent la transformation inverse. Mais, si belle qu'elle soit, son œuvre n'a pas la plénitude atteinte d'un bond par le génie d'Ampère; il faut attendre Maxwell pour comprendre ce qu'il y avait de quantitatif dans les considérations assez obscures de Faraday.

Comme c'est la transmission à distance, à des centaines de kilomètres, de l'énergie électrique qui fait toute l'importance de cette industrie, n'oublions pas Pouillet, Ohm, Joule, sans toutefois les mettre au même niveau dans notre admiration que Faraday et Ampère. Je n'y ajoute pas les théoriciens de la conservation de l'énergie; non que leur rôle me paraisse négligeable, mais la création de la nouvelle industrie pouvait se passer d'eux, tandis qu'elle ne pouvait se passer ni d'Ampère, ni de Faraday. Chacun à son plan.

Ce n'est pas ici le lieu de faire un parallèle entre Ampère et Faraday; mais, de tels hommes, tous les traits de caractère sont intéressants; sans chercher à savoir dans quelle mesure leurs convictions métaphysiques réagissaient sur leurs facultés inventives, on ne peut nier que l'esprit est un tout, et que la cloison entre les divers modes d'activité intellectuelle d'un Faraday ou d'un Ampère est bien difficile à imaginer. Ampère et Faraday étaient deux esprits profondément religieux, quoique bien différemment. Faraday ne semble jamais avoir été effleuré d'un doute; il prêchait souvent dans la chapelle de la toute petite secte protestante, aux dogmes très particuliers de laquelle il semble avoir été toujours étroitement attaché. Ampère, lui, toujours ardent dans ses doutes et dans ses croyances, nous fournit l'image d'une âme mystique et tourmentée, bien plus curieuse de spéculations métaphysiques incontrôlables que des réalités physiques, et pourtant capable un jour d'édifier une théorie physique inébranlable, d'une extraordinaire importance pratique.

C'est du moins ainsi qu'il nous apparaît dans les notices si débordantes d'admiration et de sympathie écrites par Arago et par Sainte-Beuve, qui,

Digitized by Google

eux, ne sont certes pas suspects de mysticisme d'aucune sorte, chrétien ou autre (1), quelque extraordinaire que cela paraisse aux froids positivistes que nous sommes.

Les admirables travaux scientifiques d'Ampère ne semblent presque que de brefs incidents, interrompant quelques instants le cours de sa pensée métaphysique, seule perpétuellement active.

MARCEL BRILLOUIN.
Membre de l'Institut.

(1) SAINTE-BEUVE. *Critiques et portraits*, p. 402 et suiv. ARAGO, p. 20, 114, etc.

Digitized by Google

AMPÈRE

Son œuvre chimique [1]

Jusqu'en 1814, Ampère s'est fait connaître comme mathématicien ou comme philosophe. C'est dans la section de géométrie qu'il entre très justement à l'Institut. En physique, il s'est borné à professer dans sa classe de Bourg et à méditer sans rien produire. La gloire va pourtant lui venir comme physicien, comme chimiste. Un tel fait n'est ni si exceptionnel, ni si inexplicable qu'on pourrait le croire. On le retrouve pour Haüy, l'inventeur de la cristallographie, entré à l'Institut comme botaniste; pour Berthelot, élu comme physicien; pour Pasteur, classé d'abord minéralogiste, ou encore pour Fresnel, qui demandait, en 1814, le sens du mot polarisation et qui, huit mois après, révolutionnait l'optique. On montrerait sans peine, par ces exemples illustres, que les découvertes fortement originales dans une science viennent souvent d'une compétence simultanée dans une science voisine. Contrairement à l'idée de ceux pour lesquels des œillères aident à marcher, c'est en grande partie parce qu'un Ampère était algébriste et philosophe qu'il a aussitôt aperçu, calculé et formulé les conséquences de sa découverte électrique : un simple physicien, non pénétré comme lui d'analyse l'aurait laissée incomplète. Il y avait eu, en lui, auparavant, une phase d'incubation, pendant laquelle il s'était exercé, sur des sujets tout diffférents, à réfléchir, à observer, à expérimenter. Le jour où il a eu besoin de ses forces latentes, sans préparation particulière pour la question traitée, il s'est trouvé prêt.

Et l'on peut observer aussi les avantages scientifiques de certains traits qui, dans le caractère d'Ampère, apparaissaient à ses contemporains comme des travers quand on les regardait d'un point de vue mondain. Tous ceux qui ont vécu avec lui ont insisté sur son étonnante crédulité, sur sa naïveté, sur son caractère impulsif avec des sautes brusques que Sainte-Beuve a comparées à celles d'un liège flottant. Incapable lui-même du moindre mensonge officieux, il attribuait une semblable véracité à tous les autres, et cela le rendait incapable

[1] Extrait d'un article de M. Louis de Launay, de l'Académie des Sciences, publié dans le numéro du 1er juillet 1921 de la *Revue de France*.

Digitized by Google

de se défendre dans le commerce des hommes. Les affirmations les plus stupéfiantes trouvaient, assure-t-on, en lui un auditeur confiant, que sa curiosité passionnée et sa fièvre d'invention toujours en éveil portaient à chercher des rapports insoupçonnés, des possibilités inconnues, plutôt qu'à suspecter son interlocuteur. Admirablement jeune d'esprit jusque dans sa vieillesse, il s'enflammait pour la nouveauté et l'aimait avant de la connaître, — par le fait seul qu'elle était neuve. C'est bien pourquoi on le trouve sans cesse à l'avant-garde de la science, prêt à accueillir une découverte, à en imaginer les conséquences, mais prêt aussi; ne l'oublions pas, à la contrôler bientôt avec la sévérité, la précision de son esprit critique.

Ainsi, on le voit, des premiers, reconnaître la véritable nature du chlore et de l'iode, soutenir Davy quand, en 1814, il affirma que la potasse n'était pas un corps simple, applaudir à Fresnel, à Cuvier, à Elie de Beaumont. L'expérience de Gay-Lussac sur les volumes des gaz entrant en combinaison lui suggère aussitôt la loi chimique que l'on connaît d'ordinaire sous le nom d'Avogadro. Ce n'est pas par un hasard heureux, c'est en vertu de la même méthode constante qu'en 1820 une expérience du physicien danois Œrsted, mal interprétée par celui-ci, l'amènera à découvrir l'électrodynamique. Le fait observé par un autre jouait chez lui le rôle de l'amorce qui provoque une explosion.

La première fois que cette puissance d'invention se manifesta à l'état dynamique par une découverte destinée à marquer dans l'histoire des sciences, ce fut quand Gay-Lussac, en 1809, constata que les combinaisons des substances gazeuses les unes avec les autres se font toujours dans les rapports de volumes les plus simples, tels que 1 à 2, 1 à 3, etc. Observation curieuse, qui semblait former à elle seule un tout suffisant. Mais Ampère était un atomiste fervent et de longue date. La lecture précoce de Bernoulli avait laissé dans son esprit des traces indélébiles. Il croyait, avec une foi absolue, à l'existence effective des molécules en mouvement perpétuel dans la profondeur des corps matériels, suivant la vieille théorie d'Epicure, de Lucrèce, de Descartes. Habitué à réfléchir sur les trajectoires et les chocs de ces molécules en leur appliquant ce calcul des probabilités avec lequel il était d'autre part si familier, il se mit à spéculer sur les observations de Gay-Lussac. Son imagination s'enflammant, il en déduisit une série de conséquences très importantes, qui semblent, au premier abord, distinctes les unes des autres, mais qui toutes visent le même but, celui de la science moderne depuis Descartes : soumettre la nature au calcul, reconstituer le plan géométrique de la création.

Quelques explications d'ordre un peu technique sont peut-être utiles pour faire comprendre ce premier travail, moins vulgarisé que l'électro-aimant et, pour en montrer la genèse psychologique.

Dans la théorie admise par Ampère, les phénomènes physiques et chimiques étaient la conséquence des mouvements moléculaires, plus ou moins accélérés par la chaleur, plus ou moins modifiés par les attractions réciproques suivant

Digitized by Google

Statue élevée à Ampère (André-Marie)
près de sa maison natale à Poleymieux (Rhône).

Digitized by Google

la loi de Newton, par les combinaisons chimiques entre atomes de nature dissemblable. Toutes ses déductions vont reposer sur quelques hypothèses fondamentales, vérifiées par l'expérience. Logiquement, les forces en jeu dans l'intérieur de la matière atomique doivent se diviser en trois groupes : les énergies balistiques de ces petits projectiles, les accélérations résultant du calorique et les attractions mutuelles. Afin de simplifier le problème, on élimine ces dernières forces en envisageant l'état gazeux, pour lequel tout prouve expérimentalement quelle deviennent négligeables. Dans un gaz, les atomes sont assez écartés les uns des autres par rapport à leurs dimensions pour ne plus s'attirer que dans une mesure insignifiante. Alors les lois de la matière se simplifient singulièrement et l'on entrevoit son unité fondamentale.

Commençons par opérer à température constante pour que la « répulsion produite par le calorique », suivant le langage d'Ampère, n'intervienne pas, ou du moins n'agisse que d'une façon constante. Il ne reste alors en jeu que le mouvement des projectiles, traduit par leurs chocs, par leur pression sur les parois d'un vase. Or on constate, avec Mariotte, que, pour un gaz quelconque, cette pression est en raison inverse du volume (ou proportionnelle à la densité du gaz). Donc, pour un même volume de n'importe quel gaz, les pressions exercées sur la paroi, sont semblables, et les chocs des molécules sur cette paroi, qui déterminent la pression, paraissent équivalents. Conclusion hardie : ces molécules sont en même nombre dans un gaz quelconque, comme l'avait annoncé déjà Bernoulli. Un même volume d'oxygène, d'hydrogène ou d'azote contient le même nombre de molécules. Le poids, la densité du gaz sont proportionnels au poids de la molécule, que l'on va ainsi pouvoir arriver à peser. Inversement, si l'on admet avec Bernoulli, comme hypothèse déduite d'autres considérations, que le nombre des molécules est constant dans tous les gaz, la loi de Mariotte se trouve démontrée; et c'est ce qu'Ampère fait voir en janvier 1814.

D'autre part, Gay-Lussac a montré, vers 1810, que tous les gaz ont le même coefficient de dilatation, se dilatent dans la même proportion par l'influence de la chaleur, que la « réaction produite par le calorique » est chez tous la même. On pourra ainsi, au lieu de travailler à température constante, faire varier la température en même temps que le volume : la pression n'en variera pas moins suivant une loi connue d'avance, une loi identique pour tous les gaz.

Mais ce n'est pas assez, et Ampère veut pousser plus loin en interprétant les combinaisons chimiques des gaz observées par Gay-Lussac en 1809. Il est ainsi amené à une importante retouche de la théorie initiale, une de ces retouches qui, sans cesse renouvelées au cours du dernier siècle, ont finalement amené la théorie atomique à la complexité, à la délicatesse, à la finesse d'aperçus actuelles. La molécule à laquelle on s'arrêtait tout à l'heure ne sera plus la dernière parcelle ultime des corps. Cette parcelle ultime, à vrai dire, nous fuit et s'évanouit, à mesure que nous croyons la saisir, pour se dissoudre finalement en métaphysique. Il est aussi impossible de trouver des limites à la matière dans le sens de

Digitized by Google

l'infiniment petit que d'en trouver aux univers dans l'infiniment grand et de comprendre l'existence du vide que celle d'une matière sans discontinuité. Mais, au temps d'Ampère, nous sommes encore loin de ces abîmes, et il s'agit simplement d'établir une différence entre la molécule et ses atomes constituants : différence à laquelle on est inévitablement conduit quand on remarque que, lors de la combinaison de deux gaz, le volume résultant n'est pas la somme des volumes composants, ni le volume correspondant aux molécules les moins nombreuses, mais une fonction numérique simple de ces deux volumes. Un volume contenant 20 molécules d'hydrogène, combiné avec un volume contenant 10 molécules d'oxygène, donne un volume de vapeur d'eau égal au premier et contenant, par conséquent, d'après la loi générale sur le nombre des molécules dans un gaz, 30 molécules d'eau. On ne peut donc pas admettre qu'à chaque molécule d'oxygène se soient soudées deux molécules d'hydrogène, puisque le volume résultant serait alors celui de l'oxygène et non le double. Il faut que la molécule d'hydrogène ait absorbé une demi-molécule d'oxygène. Cette demi-molécule a donc une individualité,et c'est à elle que l'on réservera désormais le nom d'atome.

Ampère associe ici la chimie presque nouvelle de Lavoisier, la loi de Mariotte et la cristallographie d'Haüy : toutes les merveilleuses découvertes de cette époque féconde, qui se rejoignent et se complètent, et qui, ne l'oublions pas, sont toutes dues à des savants français.

Il comprend, par exemple, que la molécule chimique doit être formée par un groupe d'atomes plus simples, en nombre variable, dont l'agencement suivant une forme polyédrique influe sur toutes les combinaisons chimiques; il fait ce que l'on appelle aujourd'hui de la stéréochimie, et il arrive à cette conclusion que, lorqu'on connaît les volumes à l'état de gaz d'un corps composé et de ses composants, on peut calculer combien une particule du corps composé renferme de particules ou de portions de particules des deux composants. Il est ainsi amené, notamment, à établir que dans une molécule d'eau interviennent, comme on l'a vu, une molécule d'hydrogène et une demi-molécule d'oxygène. La conclusion est la possibilité de peser les atomes élémentaires des divers corps simples, comme on pesait leurs molécules, de déterminer ce qu'on appelle leurs poids atomiques, de prévoir leurs combinaisons, les substitutions d'un élément à l'autre. C'est en somme, une des clefs principales pour entrer dans le vaste domaine qu'a parcouru, dans la suite, la chimie moderne.

Pour être exact, on doit ajouter que, historiquement, Ampère ne possède pas, ou ne possède qu'en partie la gloire de cette dernière découverte. Un autre chimiste, l'Italien Avogadro, avait, dès 1811, trois ans avant la publication d'Ampère, donné des conclusions analogues et la loi qui les résume, retrouvée et mise en lumière seulement trente ans plus tard, porte avec justice le nom d'Avogadro. L'esprit d'Ampère était trop mobile et, par désir de la perfection, à force de retouches successives, il arrivait à ne publier que tardivement ses recherches. D'ailleurs, il y avait, chez lui, un admirable désintéressement scien-

Digitized by Google

tifique, qui lui faisait désirer le progrès de la vérité pour la vérité même, sans aucune considération de gloriole personnelle. C'était, on l'a dit, pour tous ceux qui l'abordaient, un puits ouvert. Ampère avait donc gardé, inédit, son travail commencé dès 1809, et, lorsqu'il se décida, sur les instances de Berthollet, à en donner le résumé en 1814, il ignorait l'existence du mémoire d'Avogadro, qui, accompagné de considérations inexactes, avait été à peine remarqué, ou considéré seulement comme une théorie de plus ajoutée à tant d'autres. On lui signala cet article pendant l'impression de son manuscrit, et il le mentionna dans une note. « Vous savez, disait-il en commençant à Berthollet, que, depuis longtemps l'importante découverte de Gay-Lussac... m'a fait naître l'idée d'une théorie... » Et c'est cette théorie personnelle qu'il expose.

Louis de Launay,
Membre de l'Institut

Digitized by Google

AMPÈRE

Précurseur.

Ampère, fondateur de l'électrodynamique et dont le nom, inséparable de ceux d'Ohm et de Volta, sert à désigner la principale des unités électriques, est avec Faraday le créateur de l'électrotechnique. C'est lui, en effet, qui sut découvrir la propriété capitale du courant électrique, d'être entouré d'un champ magnétique, en étudia les effets, et cette découverte, loin d'être le fruit d'un heureux hasard, suivant immédiatement celle d'Œrsted, fut le résultat de réflexions profondes et sagaces.

Né à Lyon en 1775, Ampère fut appelé à Paris par Lalande et Laplace, à la suite de la publication d'un Mémoire sur la théorie mathématique du jeu. Il fut nommé, en 1804, répétiteur d'analyse à l'École Polytechnique ; en 1807, il succéda à Labey comme professeur d'analyse, pour, en 1809, remplacer Lacroix dans une des chaires de mécanique où il professa jusqu'en 1827. Les élèves de l'École consacraient alors à la physique le dixième seulement du temps qu'ils donnaient aux sciences mathématiques et la moitié de celui de la chimie ; on voit par là combien la physique était à l'état embryonnaire : les grandes découvertes du début du XIXe siècle n'étaient pas encore faites et son rôle dans l'enseignement était extrêmement réduit ; on ne s'étonnera donc pas de voir Ampère professer la mécanique, alors qu'à priori on pouvait penser qu'il enseignait la science dans laquelle il s'est révélé un génie. Le cadre enseignant de l'École comptait alors dans ses rangs les plus illustres savants de l'époque : Prony, Poisson, Monge, Berthollet, Gay-Lussac, Thénard, Malus et nombre d'autres ; Ampère figura au premier rang de cette pléiade, tout d'abord par ses travaux mathématiques, puis ensuite et surtout par ses travaux sur l'électrodynamique.

Le mémoire d'Œrsted « Expériences sur l'effet du conflict électrique sur l'aiguille aimantée » est daté du 21 juillet 1820 ; dans une suite de mémoires lus à l'Académie des Sciences, dont le premier en date est du 18 septembre 1820, Ampère établit la distinction entre la tension électrique qui produit les attractions et répulsions électrostatiques et le courant électrique caractérisé par la

Digitized by Google

décomposition de l'eau et l'action sur l'aiguille aimantée; il lie ces deux effets l'un à l'autre en grandeur, définit nettement le courant électrique et lui donne le nom qu'il porte. Il avait vu que l'expérience d'Œrsted était le témoignage de propriétés, jusqu'alors insoupçonnées, des fluides électriques en mouvement. L'idée du galvanomètre qu'il oppose à l'électromètre lui appartient. Point n'est besoin de rappeler la position de l'observateur d'Ampère dont tous nous faisons usage.

En même temps, il découvre les actions mécaniques réciproques des conducteurs parcourus par des courants électriques et il est plus que probable, bien

Portrait d'Ampère
d'après un dessin de Deymarie

qu'il ne le dise pas expressément, que c'est en discutant l'expérience d'Œrsted qu'il fut amené à penser que deux conducteurs sur lesquels agit l'aiguille aimantée et qui agissent sur elle en vertu de la loi de l'action et de la réaction, doivent agir l'un sur l'autre. Arago l'indique dans son éloge académique d'Ampère et cette manière de raisonner convient bien au génie d'Ampère.

Comment dès lors trouver les lois de l'action des courants sur les courants, alors que celle-ci doit dépendre non seulement des intensités, mais encore des positions et des formes? Le calcul intégral suggéra de suite la voie à Ampère:

Digitized by Google

il fallait déterminer en grandeur, direction et sens, l'action de deux éléments de courant agissant l'un sur l'autre, autrement dit trouver la loi élémentaire.

Ampère savait fort bien que la loi élémentaire à laquelle il arrivait n'était pas nécessaire et il l'indique dans les lignes suivantes :

« Ces trois hypothèses offrent, d'ailleurs, un exemple frappant de la possibilité où l'on est de remplacer un système de forces agissant sur un assemblage de points matériels par un autre sytème de forces toutes différentes, mais dont l'ensemble produit absolument les mêmes effets d'équilibre et de mouvement sur cet assemblage solide. C'est ainsi que, quand un corps est plongé dans un liquide pesant, on peut, sans rien changer aux conditions d'équilibre ou de mouvement de ce corps, substituer au système des pressions que le fluide exerce sur sa surface un système de forces verticales appliquées de bas en haut à toutes les particules de ce corps, et dont chacune est représentée par le poids d'un volume du liquide égal au volume de la particule du corps sur laquelle cette force est censée agir. »

L'assimilation à un feuillet magnétique d'un circuit parcouru par un courant constant est indiquée par Ampère, mais il faut surtout rappeler ses études sur les solénoïdes et son hypothèse, des plus hardies à l'époque, des courants particulaires et de la constitution des aimants; il suppose ces courants préexistant à l'aimantation, celle-ci ne faisant que les orienter.

« C'est, dit-il, de cette expérience que j'ai conclu, dans le temps où je l'ai faite, que les courants électriques, dont j'admettais déjà l'existence autour de chaque particule des aimants, existaient également autour de ces particules avant l'aimantation, dans le fer, le nickel et le cobalt, mais que, s'y trouvant dirigés en tous sens, il n'en pouvait résulter aucune action au dehors. »

Et plus loin, étendant à tous les corps l'hypothèse des courants particulaires, il ajoute : « en sorte que la seule différence qui se trouve, à cet égard, entre les corps susceptibles d'aimantation et ceux qui ne le sont pas, consisterait dans la propriété qu'auraient les particules des premiers de laisser déplacer les courants électriques qui circulent autour d'elle, tandis que dans les autres corps les courants excités autour de chaque particule ne seraient pas susceptibles de changer de direction, ou ne le pourraient que par une force supérieure à celles qui ont été exercées jusqu'à présent sur ces courants. »

Ampère voyait dans les courants particulaires et leurs actions réciproques « la seule explication, exempte de difficultés, que l'on puisse donner dans l'état actuel de la physique, des phénomènes de la cristallisation ».

Remplaçons le terme général « courant particulaire » par l'expression particulière « orbite d'électron » et nous serons bien près des idées actuelles sur la constitution de la matière; on peut presque dire que celles-ci remontent à un siècle puisque les lignes qui précèdent sont extraites d'une lettre d'Ampère à Van Beck d'octobre 1821.

Au moment où savants et industriels s'apprêtent à célébrer le centenaire

Digitized by Google

de la découverte des phénomènes électrodynamiques, j'ai pensé qu'il était bon, pour la gloire d'un grand Français, de montrer l'étendue et la puissance du génie d'Ampère qui, loin de se borner à l'étude mathématique de l'action de deux éléments de courant l'un sur l'autre, savait s'élever aux conceptions les plus hardies, jusqu'à proposer pour la constitution de la matière une théorie dans laquelle le mouvement orbital des fluides électriques jouait un rôle capital.

A. Pérot,
Professeur à l'École Polytechnique.

Digitized by Google

AMPÈRE

et la Télégraphie.

Projet de télégraphe électrique formé par Ampère en 1820.

C'est dans le tome XV des *Annales de Chimie et de Physique* que se trouve la description du projet de télégraphe électrique conçu par Ampère. Ce mémoire est un résumé de la communication faite par lui à l'Académie royale des Sciences les 18 et 25 septembre 1820. L'expérience sur laquelle repose l'invention avait été suggérée par Laplace, « le savant illustre, disait Ampère, auquel les sciences physicomathématiques doivent surtout les progrès qu'elles ont fait de nos jours ». Elle consistait à faire agir un courant sur une aiguille aimantée, à très grande distance de la pile, par le moyen d'un fil conducteur très long. Le texte de la partie du mémoire qui concerne la télégraphie est le suivant :

EXTRAIT D'UN MÉMOIRE PRÉSENTÉ A L'ACADÉMIE ROYALE DES SCIENCES,
le 2 octobre 1820, où se trouve compris le résumé de ce qui avait été lu à la même Académie, les 18 et 25 septembre 1820, sur les effets des courants électriques.

« ... J'avais cru d'abord qu'il faudrait établir le courant électrique dans les deux conducteurs au moyen de deux piles différentes; mais cela n'est pas nécessaire, il suffit que ces conducteurs fassent tous deux partie du même circuit; car le courant électrique y existe partout avec la même intensité. On doit conclure de cette observation que les tensions électriques des deux extrémités de la pile ne sont pour rien dans les phénomènes dont nous nous occupons ; car il n'y a certainement pas de tension dans le reste du circuit; ce qui est encore confirmé par la possibilité de faire mouvoir l'aiguille aimantée à une grande distance de la pile, au moyen d'un conducteur très long, dont le milieu se recourbe dans la direction du méridien magnétique au-dessus ou au-dessous de l'aiguille. Cette expérience m'a été indiquée par le savant illustre, auquel les sciences physico-mathématiques doivent surtout les grands progrès qu'elles ont faits de nos jours : elle a pleinement réussi.

Digitized by Google

« Désignons par A et B les deux extrémités du conducteur fixe, par C celle du conducteur mobile qui est du côté de A, et par D celle du même conducteur qui est du côté de B: il est clair que si une des extrémités de la pile est mise en communication avec A, B avec C, et D avec l'autre extrémité de la pile, le courant électrique sera, dans le même sens, dans les deux conducteurs: c'est alors qu'on les verra s'attirer: si, au contraire, A communiquant toujours à une extrémité de la pile, B communique avec D, et C avec l'autre extrémité de la pile, le courant sera en sens opposé dans les deux conducteurs; et c'est alors qu'ils se repousseront. On conçoit, au reste, que les attractions et répulsions des courants électriques ayant lieu à tous les points du circuit, on peut, avec un seul conducteur fixe, attirer et repousser autant de conducteurs et faire varier la direction d'autant d'aiguilles aimantées que l'on veut; je me propose de faire construire deux conducteurs, mobiles sous une même cage de verre, en sorte qu'en les rendant, ainsi qu'un conducteur fixe commun, partie d'un même circuit, ils soient alternativement tous deux attirés, tous deux repoussés, ou l'un attiré, l'autre repoussé en même temps, suivant la manière dont on établira les communications. D'après le succès de l'expérience que m'a indiquée M. le marquis de Laplace, on pourrait, au moyen d'autant de fils conducteurs et d'aiguilles aimantées qu'il y a de lettres et en plaçant chaque lettre sur une aiguille différente, établir à l'aide d'une pile placée loin de ces aiguilles et qu'on ferait communiquer alternativement par ses deux extrémités avec celles de chaque conducteur, former une sorte de télégraphe, propre à écrire tous les détails qu'on voudrait transmettre, à travers quelques obstacles que ce soit, à la personne chargée d'observer les lettres placées sur les aiguilles. En établissant sur la pile un clavier, dont les touches porteraient les mêmes lettres et établiraient la communication par leur abaissement, ce moyen de correspondance pourrait avoir lieu avec assez de facilité, et n'exigerait que le temps nécessaire pour toucher d'un côté et lire de l'autre chaque lettre (1). »

L'importance de cette communication a été reconnue par les spécialistes les plus éminents: le passage se trouve, en effet, reproduit partiellement dans le Nouveau traité de Télégraphie électrique de Blavier, tome II, et J.-J. Fahie, dans son « Histoire du télégraphe électrique jusqu'à l'année 1837 » s'exprime ainsi :

« 1820. — Télégraphe d'Ampère.

« Très peu de temps après la découverte par Œsted de la propriété qu'a le courant de dévier l'aiguille aimantée, l'éminent mathématicien français de Laplace en suggéra l'application à la télégraphie: et le 2 octobre de la même

(1) « Depuis la rédaction de ce mémoire, j'ai su de M. Arago que ce télégraphe avait déjà été proposé par M. Sömmering; à cela près qu'au lieu d'observer le changement de direction des aiguilles aimantées, qui n'était point connu alors, l'auteur proposait d'observer la décomposition de l'eau dans autant de vases qu'il y a de lettres. »

Digitized by Google

année (1820), Ampère, dans un mémoire lu devant l'Académie des Sciences de Paris, esquissa à grands traits un télégraphe, dans lequel les signaux devaient être indiqués par la déviation de petits aimants placés au-dessous des fils. C'était une idée purement théorique, lancée au cours du mémoire comme une chose dite par parenthèse... (suivent des extraits du mémoire...)

« On voit par le texte de ce passage qu'Ampère ne fait pas mention de bobines de fil qui entoureraient l'aiguille, ainsi que l'ont dit nombre d'auteurs. C'est qu'en effet, il ne pouvait pas encore avoir entendu parler de galvanomètre; car, bien que le mémoire de Schweigger sur ce sujet eût été lu à Halle le 16 septembre 1820, il ne fut publié qu'au mois de novembre suivant. »

L'invention de Schweigger dont parle ici J.-J. Fahie, est celle du cadre *multiplicateur*.

Dans son mémoire du 2 octobre, Ampère se sert du mot *galvanomètre*, pour désigner l'appareil qui sert à mesurer l'intensité du courant par son action sur l'aiguille aimantée et il fait ressortir l'utilité et l'importance d'un appareil destiné à mesurer cette intensité, tandis que l'électromètre a pour objet de mesurer la tension, et comme ces deux éléments, intensité du courant et tension, lui paraissent aussi indispensables à connaître l'un que l'autre, il préconise leur emploi simultané.

Ampère indique aussi un perfectionnement important qu'il a apporté à la disposition d'Œrsted. Celui-ci n'avait pu mettre l'aiguille aimantée rigoureusement en croix avec le courant, parce qu'il n'avait pas éliminé l'effet du magnétisme terrestre. Le savant français y parvint tout d'abord, en assujettisant l'aiguille aimantée perpendiculairement à un axe support, mobile sur pivots, de sorte qu'elle est en équilibre indifférent dans un azimut quelconque autour de l'axe de rotation, si cet axe est dirigé suivant le champ terrestre. Ampère lui donne le nom d'aiguille *astatique* et, dans ces conditions, elle se met exactement en croix avec un courant rectiligne convenablement placé perpendiculairement à l'axe.

C'est en 1821, qu'Ampère imagina l'équipage astatique composé de deux aiguilles. Après avoir rappelé pourquoi Œrsted n'avait obtenu qu'une déviation inférieure à un angle droit, il ajoute qu'il y a plusieurs moyens de soustraire l'aiguille aimantée à l'action de la terre. Le plus simple consiste à attacher à un gros fil de laiton, dont la partie supérieure est recourbée et munie d'un pivot de suspension en acier, deux aiguilles aimantées de même puissance, pointant leurs pôles de même nom dans des directions opposées, de façon que la force directrice terrestre agissant sur l'une soit détruite par l'action contraire s'exerçant sur l'autre. Les aiguilles sont placées, celle du bas juste au-dessous du fil conducteur, celle du haut juste au-dessus. Si l'on envoie le courant dans les spires, les aiguilles se mettent à tourner, à moins qu'elles ne prennent une direction à angle droit avec le fil conducteur (Voir les *Annales de Chimie et de Physique*, t. XVIII, p. 320).

Il est d'autant plus important de rappeler cette découverte d'Ampère et de

Digitized by Google

lui en restituer la priorité, que de nombreux auteurs en ont attribué le mérite à Nobili.

Le télégraphe de Sömmering dont il est question dans la note mise par Ampère à son mémoire est suffisamment caractérisé par lui. Sömmering employait une pile formée de rondelles superposées. Dans un vase contenant de l'eau acidulée, il y avait cinq aiguilles qui traversaient la paroi. Enfin à chacune de ces cinq aiguilles était attaché un fil conducteur, recouvert de cire à cacheter. En touchant les deux extrémités de la pile avec deux de ces fils, on produisait à distance un dégagement de gaz. L'invention avait été faite à l'instigation du ministre bavarois, Mongelas, en juillet 1809, parce qu'au mois d'avril, Napoléon Ier avait pu profiter des renseignements rapides, que lui avait apportés le télégraphe Chappe sur le mouvement des troupes autrichiennes qui avaient traversé l'Inn et occupé Munich; il avait alors jeté ses troupes en avant et obligé les Autrichiens, en moins d'une semaine, à se retirer.

La distance franchie par Sömmering n'était pas très considérable. Le 4 février 1812, il travaillait à une distance de 4 000 pieds et le 15 mars suivant, cette distance était portée à 10 000 pieds.

La mémoire d'Ampère ne fait aucune allusion à l'éloignement admissible pour les deux stations télégraphiques, et l'on n'avait pas l'habitude de chercher à battre des records.

On devait être arrêté par la difficulté d'*isoler* les fils.

En 1824, Barlow voulut reproduire l'expérience d'Ampère; mais l'action sur l'aiguille aimantée allait en diminuant quand on augmentait la distance. On fut arrêté à une distance très faible. Cet insuccès découragea les chercheurs; cependant, Ritchie, de l'Institution royale, renouvela les essais en 1830. Il atteignit alors 200 pieds, mais les conditions de l'expérience ne sont pas bien connues.

D'ailleurs, les distances ne pouvaient guère alors être précisées, parce que la notion de *résistance électrique* n'avait pas encore été approfondie. La première expérience à ce sujet fut, en effet, imaginée et réalisée par Becquerel, en 1826. Le courant d'une pile se partageait entre deux enroulements portés par un même cadre au centre duquel était suspendue l'aiguille aimantée; on s'arrangeait de façon que les deux branches fussent parcourues par des courants de sens contraires; l'appareil constituait donc un véritable galvanomètre *différentiel*. Becquerel déterminait les poids et les longueurs de fil de l'un des deux enroulements quand la balance était obtenue; il trouva ainsi la loi de la proportionnalité des longueurs aux sections. On sait que les premiers essais systématiques, concernant l'affaiblissement du courant avec la distance, ont été effectués par Henry, qui excitait à distance son électro-aimant, et que ces expériences, qui datent de 1831, sont postérieures à la découverte théorique des lois de la résistance électrique, qu'Ohm a établies dans son ouvrage : *Die galvanische Kette,* en 1827, par une simple extension des théories de Fourier sur la propagation de la chaleur; ce caractère

Digitized by Google

théorique explique pourquoi elles sont restées si longtemps ignorées des physiciens contemporains dans leurs recherches sur l'électricité.

L'idée de télégraphe électrique, telle qu'elle a été émise par Ampère, n'a pas été appliquée ; cependant elle n'est pas restée stérile, car Fechner, de Leipzig, la reprit bientôt, en enfermant les aiguilles dans des cadres multiplicateurs de Schweigger.

Ces tentatives, quoique presque infructueuses, prouvent tout l'intérêt qui s'était attaché au projet de télégraphe formulé par Ampère.

Il est d'ailleurs à noter que la découverte de l'électro-aimant n'était pas nécessaire à la réalisation d'un système télégraphique viable. Le récepteur à miroir employé en télégraphie sous-marine n'utilise pas l'aimantation temporaire du fer doux : l'action du courant se produit sur les petites aiguilles aimantées collées au dos d'un miroir suspendu au centre d'un cadre galvanométrique et l'on observe les déviations d'un rayon lumineux réfléchi.

C'est Poggendorff qui adapta le premier un miroir à une aiguille aimantée; il s'agissait pour lui de déterminer exactement les petites variations de la déclinaison.

Ce mode d'observation date de 1826.

On voit par ce bref compte rendu, que c'est dans un intervalle de six ou sept ans après le mémoire d'Ampère qu'ont été faites les découvertes complémentaires, qui auraient pu permettre une réalisation pratique de son projet de télégraphe. On peut donc dire qu'il a été un précurseur, son idée n'ayant pas reçu d'application.

Je ne puis quitter ce mémoire de 1820, sans relever qu'Ampère y formule la règle des courants sinueux et y donne l'explication du magnétisme terrestre et du magnétisme des aimants, par l'action des courants.

Je crois pouvoir rappeler également une expérience d'Ampère relatée par Becquerel, ancien Chef de bataillon du Génie, le 1er mars 1824. Cette expérience a été faite par Ampère et par de La Rive dans le but de rechercher si un fort courant magnétisant, qui est susceptible d'aimanter une aiguille d'acier, ne pourrait faire naître également un courant dans un cerceau de cuivre. Si l'expérience avait réussi, on aurait, en quelque sorte, magnétisé le cuivre. On va voir, par le récit de Becquerel, qu'Ampère et de La Rive furent ainsi amenés à constater le premier phénomène d'*induction électromagnétique* qui ait jamais été observé. Le magnétisme de rotation d'Arago date de la même année.

Voici le récit de Becquerel :

« M. Ampère s'est occupé de développer du magnétisme dans le cuivre : ce savant célèbre, pendant son séjour à Genève, a fait, conjointement avec M. Auguste de La Rive, des expériences sur l'influence qu'éprouve une lame de cuivre, pliée en cercle, de la part d'une ceinture de forts courants électriques, au milieu de laquelle elle est suspendue et qui l'entourent sans la toucher. L'action de cette influence, suivant M. Ampère, était telle, qu'en présentant à un côté de

Digitized by Google

cette lame un aimant en fer à cheval très fort, on l'a vue tantôt s'avancer entre les deux branches de l'aimant, tantôt, au contraire, en être repoussée, suivant le sens du courant dans le conducteur environnant.

« Il résulterait de cette expérience, vu l'action semblable exercée par les deux pôles de l'aimant en fer à cheval sur une même portion du circuit, que l'influence du courant électrique aurait développé dans la lame un autre courant électrique tel qu'on en observe dans un fil métallique qui communique avec les deux pôles d'une pile voltaïque. Mais M. Ampère a vu depuis lors qu'il n'en était pas ainsi. »

On voit donc qu'Ampère a réalisé le premier une expérience d'induction, en voulant engendrer dans un cerceau de cuivre un courant pareil aux courants particulaires de l'aimant d'acier.

Il n'aurait pu obtenir l'effet permanent qu'il cherchait sans doute, que grâce aux froids intenses que l'on sait produire aujourd'hui; il fut aussi dans ce domaine un précurseur.

Quoi qu'il en soit, c'est bien légitimement à Ampère que l'on doit attribuer le mérite du premier projet de télégraphe fondé sur les phénomènes électromagnétiques et, comme son exécution n'avait rien d'incertain ni de chimérique, nous ne pouvons que regretter l'insuffisance des ressources dont il disposait; à coup sûr, elle seule l'a empêché de réaliser une invention dont l'expérience venait de lui démontrer la possibilité; nul à son époque ne pouvait deviner l'avenir réservé à cette idée de télégraphie électrique; c'est bien le propre du génie que d'avoir de telles intuitions.

J.-B. Pomey,
Ingénieur en chef des Postes et Télégraphes.

L'auteur remercie M. Picard, de l'Institut, et M. Montoriol, Ingénieur des Postes, Télégraphes et Téléphones, des renseignements qu'ils ont bien voulu lui communiquer.

Digitized by Google

AMPÈRE,

le Philosophe, l'Homme.

Mes premières paroles seront de remerciements pour ceux qui ont bien voulu participer à cette pieuse manifestation, soit en nous envoyant leur obole pour la restauration de la sépulture d'Ampère, soit en venant aujourd'hui faire acte de présence devant la tombe restaurée.

Je tiens à remercier plus particulièrement les quelques sommités scientifiques et industrielles qui se sont associées à notre geste.

Pourquoi notre Syndicat a-t-il pris cette initiative? D'abord, parce que c'est bien à ceux qui vivent d'une industrie dont Ampère fut l'un des créateurs qu'incombe, à défaut de descendants, le soin d'entretenir la tombe dans laquelle reposent ses restes vénérés. Nous nous sommes limités à cette restauration : nous n'avons, d'ailleurs, pas le droit de modifier la sépulture. Mais vous pouvez remarquer en outre la simplicité de notre manifestation qui ne présente aucun caractère officiel. Tout au plus, vous dirai-je que nos amis du Comité de la Confédération des Travailleurs intellectuels m'ont expressément chargé de vous assurer qu'ils sont de tout cœur avec nous aujourd'hui, et qu'il n'est pas douteux qu'il en soit de même des 120 000 travailleurs de la pensée que groupe cette Confédération.

Notre Syndicat a encore pris cette initiative parce que nous estimons qu'il est inadmissible que passe le centenaire des plus grandes découvertes d'Ampère sans que l'industrie électrique tout entière se livre à une grandiose manifestation, dont celle-ci ne doit être que la préface.

Faisant abstraction des télégraphes et téléphones, l'industrie électrique réunit en France, à l'heure actuelle, plus de 3 milliards de capitaux et y emploie plus de 50 000 ouvriers qualifiés; la réalisation des grands travaux projetés doublera ces chiffres; toute l'industrie électrique se doit de manifester sa reconnaissance filiale. La France aussi se doit de faire un geste en faveur de l'un de

(1) Discours prononcé par M. P. Boucherot, président du Syndicat des Ingénieurs électriciens français, le 22 mai 1921, sur la tombe restaurée du grand Physicien.

Digitized by Google

ses plus glorieux enfants, puisque plus de 25 millions de ses habitants sont maintenant en mesure de profiter de notre subtile et bienfaisante énergie électrique.

Notre Syndicat a voulu simplement appeler l'attention de tous ceux qui ont une dette à payer... Il faut que les grandes sociétés savantes et techniques, les syndicats patronaux de l'électricité, les syndicats d'ingénieurs et de techniciens, les syndicats d'employés et d'ouvriers de l'électricité, les pouvoirs publics, enfin, comprennent et s'exécutent. Il faut, à Paris, un monument à la gloire d'Ampère qui symbolise les bienfaits de l'électricité.

Mais, hélas! l'humanité honore plus volontiers ses bourreaux que ses bienfaiteurs!

La raison en est simple : sous les apparences les plus contradictoires, l'homme ne poursuit, en réalité, qu'une œuvre d'asservissement! Asservissement de la nature minérale et végétale, asservissement des autres animaux, asservissement des autres hommes... dans la mesure où il le peut. Ceci est dans sa nature, et fort heureusement, ce mal, si c'en est un, trouve en lui-même son remède : un équilibre s'établit entre la puissance d'asservissement de la collectivité à l'égard de l'individu et la somme des volontés individuelles d'asservissement réagissant en sens inverse... Mais, en son for intérieur, l'homme admire la force plus que la bonté. Qu'il rende justice, alors, à ceux qui l'ont aidé dans l'asservissement de la nature, en ravissant à celle-ci ses secrets.

Mes chers Collègues, je ne vous apprendrai rien du physicien dont vous prononcez le nom si souvent. Je me propose seulement de vous faire connaître Ampère comme homme et comme philosophe. Je veux essayer de vous le faire aimer comme on est obligé de l'aimer quand on a compris l'âme, le caractère, la vie intérieure de celui qui, selon l'expression de son fils Jean-Jacques, fut aussi tendre, aussi bon, aussi simple qu'il était grand.

Ampère ne fut pas seulement un grand physicien, ce fut aussi, comme vous allez le voir, un grand philosophe et, par ses qualités morales, un grand citoyen, animé d'un amour ardent et profond pour l'humanité.

Philosophe, il a laissé un monument, malheureusement inachevé, auquel il a travaillé pendant de longues années, puisqu'il dit quelque part : « C'est en 1803 que je commençai à m'occuper presque exclusivement de recherches sur les phénomènes, aussi variés qu'intéressants, que l'intelligence humaine offre à l'observateur qui sait se soustraire à l'influence des habitudes ». Il nous reste cependant, de ce travail patient et continu, une classification des sciences en deux volumes qui constitue, à elle seule, un édifice majestueux. Quant au point de vue social, Ampère était, comme cet autre géant, Balzac, presque son contemporain, de ces hommes qui, sous des apparences, disons conservatrices (sans vouloir froisser personne), parce que des sentiments profonds et nobles les

Digitized by Google

rattachent au passé, sont, en réalité, très en avance sur leur siècle par leur raison.

Ampère André-Marie, né en 1775, fut ce que nous appelons un autodidacte, c'est-à-dire qu'il se forma sans professeur, au moyen de livres. C'est encore là un motif d'admiration pour celui qui devint professeur d'analyse et de mécanique à l'Ecole polytechnique (1809), professeur de philosophie à la Faculté des Lettres (1819), professeur de physique générale et expérimentale au Collège de France (1829), en laissant de côté quantité d'autres titres plus ou moins scientifiques et officiels.

Son désir de connaître s'étendait à tout. Pour comprendre comment il en vint à dresser une classification générale des connaissances humaines, il est nécessaire de donner ici, au moins en simple énumération, la liste des sujets étudiés par lui dans le domaine des sciences pures; on en appréciera la diversité.

Laissant de côté l'ordre chronologique, je vous rappellerai seulement qu'il a laissé six mémoires à l'Académie des Sciences sur des sujets mathématiques divers; un travail sur la théorie mathématique du jeu; un autre, sur les applications à la mécanique des formules du calcul des variations; un autre, sur les propriétés des axes de rotation des corps; un autre, sur la loi de Mariotte; un mémoire sur la double réfraction, dans lequel il donna la loi qu'elle suit dans les cristaux avant même que l'expérience se soit prononcée; les célèbres mémoires sur l'électrodynamique qui constituent, en physique, son plus beau titre de gloire; une classification naturelle des corps simples qui constituait à l'époque un premier essai d'application à la chimie des méthodes scientifiques et qui a donné lieu à une multitude de rapprochements et d'explications vérifiés depuis par l'expérience; une théorie sur la structure atomique et moléculaire des corps organiques basée sur la découverte de Gay-Lussac relative aux volumes des gaz composés et composants; une théorie de la formation de la terre développée sur une idée d'Herschell; des développements sur les conséquences de la présence et de la transformation de la vertèbre chez les insectes, sujet extrêmement brûlant, comme on sait, et dans lequel il prit parti nettement contre Cuvier, pour Geoffroy Saint-Hilaire, c'est-à-dire pour le transformisme.

Ce sont là ses contributions dans le règne des sciences qu'il appelait cosmologiques (monde matériel, connaissance). Mais celui des sciences noologiques (pensée, connaissance) avait été également de sa part, comme déjà dit, l'objet de recherches persévérantes, poursuivies dans l'esprit de la méthode de Descartes, pour lequel il aimait à professer son admiration. Mort trop jeune, il n'a laissé sur beaucoup de ses méditations que des fragments qui indiquent qu'il était arrivé à constituer « un système entièrement nouveau par lequel il était parvenu à se rendre compte de l'origine, de la nature et de la certitude de nos idées ». De ce système, la note placée, après la préface, en tête des deux volumes de la Classification des Sciences, ne donne qu'une idée très incomplète et cependant elle

Digitized by Google

agite déjà tant d'idées personnelles qu'il m'est impossible dans cette simple allocution d'en donner même un résumé.

La pensée humaine se compose de phénomènes et de conceptions. Les phénomènes sont sensitifs (sensations, images, concrétion) et actifs (émesthèse, automnestie, personnalité phénoménique). Les conceptions sont de quatre sortes et se rattachent aux quatre points de vue qui permettent dans la suite de classer naturellement les sciences en groupes et sous-groupes, etc. J'abrège.... car, dit Sainte-Beuve :

« Son esprit immense était le plus souvent comme une mer agitée; la première vague soudaine y faisait montagne, le liège flottant ou le grain de sable y était aisément lancé jusqu'aux cieux.

» Etant un soir avec ses amis Camille Jordan et Degerando, il se mit à leur exposer le système du monde; il parla treize heures avec une lucidité continue...

» Et celui qui, tout à l'heure, était comme le plus petit, parla incontinent comme les *antiques aveugles*, comme ils auraient parlé, venus depuis Newton. »

Heureusement, la Classification des Sciences, sans avoir été positivement terminée, puisque Ampère est mort entre les apparitions du premier et du second volume, et que son fils a dû mettre la main au second, présente néanmoins un ensemble complet.

Donner, en quelques minutes, un aperçu de cet ensemble est encore besogne impossible. Puis-je tenter d'en faire saisir les caractères généraux ?

L'esprit humain, dans son avidité de connaître, procède toujours de la même manière :

Il fait d'abord un premier examen de l'objet, simple, superficiel : c'est ce que Ampère appelle le point de vue *autoptique* (objet même, je vois).

Il cherche ensuite ce qu'il peut y avoir de caché : c'est le point de vue *cryptoristique* (caché, je détermine).

Il étudie ensuite les variations, les changements qu'éprouve l'objet suivant les lieux et les temps : c'est le point de vue *troponomique* (changement, loi).

Enfin, il recherche les relations de cause à effet, l'origine, etc... toutes les relations cachées et profondes qui peuvent exister : c'est le point de vue *cryptologique* (caché, connaissance).

Ce processus, toujours le même, découvert par Ampère, s'applique, d'après lui, à n'importe quelle recherche, quel que soit son degré de spécialité ou de généralité, qu'elle soit d'ordre cosmologique ou noologique. Pour le retrouver toujours, il suffit de choisir convenablement l'objet à considérer des quatre points de vue.

Il divise ainsi chacun des deux règnes cosmologique et noologique en quatre embranchements qui sont les quatre points de vue différents d'un même objet :

Digitized by Google

1° Les sciences cosmologiques, en sciences mathématiques, physiques, naturelles et médicales ;

2° Les sciences noologiques, en sciences philosophiques, nootechniques, ethnologiques et politiques.

Puis, chaque embranchement est subdivisé en quatre sciences du premier ordre qui sont encore les quatre points de vue différents d'un même objet :

Le premier embranchement du premier règne, par exemple, « sciences mathématiques », comprend l'arithmologie, la géométrie, la mécanique et l'uranologie (ciel, connaissance) ; le quatrième embranchement du deuxième règne, « sciences politiques », comprend l'économie sociale, l'art militaire, la nomologie (lois, connaissance) et la politique.

Enfin chaque science du premier ordre est subdivisée en quatre sciences du troisième ordre (et, disons-le en passant, en deux du second ordre) qui sont encore les quatre points de vue différents d'un même objet : Ainsi, par exemple, l'arithmologie, première science du premier ordre, est divisée en arithmographie, analyse mathématique, théorie des fonctions et théorie des probabilités, qui constituent les quatre points de vue autoptique, cryptoristique, troponomique et cryptologique d'un même objet : *le nombre*.

De même, la politique, dernière science du premier ordre, est divisée en ethnodicée (nations, droit), diplomatie, cybernétique (art de gouverner, en général) et théorie du pouvoir, sciences du troisième ordre, qui constituent les quatre points de vue autoptique, cryptoristique, troponomique et cryptologique d'un même objet spécial : *la politique* (prise au sens élevé du mot).

Je ne puis évidemment pas ici vous donner d'indications plus complètes, ni d'exemples plus nombreux, sous peine de devenir monotone.

Ampère arrive ainsi à dresser son tableau synoptique des sciences et des arts contenant 128 sciences du troisième ordre, dans lequel on trouve une série de périodicités : 4, 16 et 64 quant aux points de vue, et qui n'est pas sans analogie avec le tableau des corps simples de la chimie, — postérieur d'ailleurs — dans lequel on trouve certaines périodicités quant aux propriétés des corps, ceux-ci étant rangés d'après leur poids atomique.

Toutes les connaissances humaines prennent place dans ce tableau, les plus modestes comme les plus présomptueuses, celles qui sont arrivées à la perfection comme celles qui n'étaient, il y a un siècle, qu'à l'état embryonnaire, « tout ce que l'humanité a conquis et possède de plus précieux », je cite Littré. Là est le grand héritage de puissance et de gloire que les nations se lèguent et que les siècles accroissent. Sans doute, c'est un beau spectacle que d'observer les changements que l'homme a apportés dans le domaine terrestre ; ces villes qu'il a semées sur la surface de la terre et qui se forment comme des ruches, à mesure que les essaims de l'espèce humaine se répandent de tous côtés ; ces forêts qu'il a abattues pour se faire une place au soleil ; ces routes et ces canaux qu'il a tracés,

Digitized by Google

ces excavations profondes qu'il a creusées pour y chercher les pierres, les métaux et la houille; cette innombrable multiplication de végétaux qui lui sont utiles, substitués au luxe sauvage des campagnes désertes, tout cela atteste la puissance du travail humain.

» Mais ce travail est la moindre partie de ce que l'homme a fait; le trésor de sciences, qui s'est accumulé depuis l'origine des sociétés, est plus précieux que tout ce qu'il a fait produire à la terre, édifié à sa surface, arraché à ses entrailles. Une catastrophe dissiperait en vain tous ces ouvrages; de ses mains, il saurait à l'instant refaire ce qui aurait été détruit; sa condition n'en serait qu'un moment troublée et peut-être même les choses nouvelles sortiraient de ses mains plus régulières et moins imparfaites. Mais, s'il venait à perdre ces sciences qui lui ont tant coûté à acquérir, si son savoir, oublié soudainement, périssait avec les livres qui le renferment, rien ne compenserait pour lui une pareille perte. Rentré dans une seconde enfance, il errerait, sans pouvoir les imiter et sans même les comprendre, parmi les monuments de générations plus puissantes, comme le troglodyte au milieu des temples splendides et des ruines gigantesques de Thèbes aux cent portes. »

Ampère mit plusieurs années à ériger le monument philosophique dont nous venons de parler; il nous dit lui-même qu'il lui fit subir de nombreuses retouches, et l'on a bien l'impression qu'il n'est pas dans sa forme définitive et que, probablement pour des raisons de santé, Ampère s'est hâté de l'achever. Voici ce qu'il en dit :

« L'ouvrage qu'on va lire n'est que le programme d'un traité de mathésiologie (connaissance de l'enseignement) plus complet que j'aurais publié à la place de cet essai si le temps m'eût permis de l'écrire. Alors, j'aurais eu soin, en parlant de chaque science, de ne pas me borner à en donner une idée générale : je me serais appliqué à faire connaître les vérités fondamentales sur lesquelles elle repose; les méthodes qu'il convient de suivre, soit pour l'étudier, soit pour lui faire faire de nouveaux progrès, ceux qu'on peut espérer suivant le degré de perfection auquel elle est déjà arrivée; j'aurais signalé les nouvelles découvertes, indiqué le but et les principaux résultats des travaux des hommes illustres qui s'en occupent et, quand deux ou plusieurs opinions sur les bases mêmes de la science partagent encore les savants, j'aurais exposé et comparé leurs systèmes, montré l'origine de leurs dissentiments, et fait voir comment on peut concilier ce que ces systèmes offrent d'incontestable. »

Sainte-Beuve, en déplorant qu'Ampère n'ait pas pu achever son œuvre philosophique générale, dit :

« Il l'aurait fait, j'ose le dire, avec plus de richesse et de réalité que les philosophes éclectiques qui ont suivi, lesquels, n'étant ni physiciens, ni natura-

Digitized by Google

listes, ni mathématiciens, ni autre chose que psychologues, sont toujours restés, par rapport aux classes des *idées*, dans une abstraction et dans un vague qui dépeuple l'âme et en mortifie l'étude. »

Les citations suivantes vont maintenant nous faire pénétrer dans la vie intérieure de l'homme. Dans l'avertissement qui précède le second volume de la *Philosophie des Sciences*, voici ce que dit Jean-Jacques Ampère :

« Cette seconde partie complète cette classification des connaissances humaines que lui seul peut-être pouvait tenter :

» Elle comprend toutes les sciences de la pensée, tout ce qui se rapporte à l'intelligence de l'homme, aux actes et aux produits de cette intelligence; elle ferme le cercle encyclopédique tracé d'une main et, pour ainsi dire, d'un compas si sûr; elle montre que le grand géomètre, le physicien immortel, avait porté son regard partout où peut atteindre la méditation humaine, et que rien dans l'ensemble de la connaissance n'était demeuré étranger à cet esprit qui embrassait et dominait tout.

» On sera étonné, je crois, de voir, dans les lettres, dans les beaux-arts, dans l'histoire, mon père se mettre sans effort au niveau des résultats les plus élevés de la science, et traiter des sujets, qu'on eût jugé devoir être peu familiers à l'inventeur de la théorie électrodynamique, avec une lucidité et une méthode extraordinaires.

» Enfin, dans les chapitres qui traitent des sciences politiques, à ceux qui ne l'ont pas connu, quelque chose sera révélé des purs sentiments d'humanité dont son âme était, on peut dire, consumée. Sous la sécheresse apparente des formules, on découvrira un vif désir du bonheur et de l'amélioration des hommes. On le verra chercher, je cite ses paroles, « à établir des lois générales sur les rapports mutuels qui existent entre les différents degrés du bien-être ou du malaise des diverses populations, et toutes les circonstances dont ils dépendent, telles que les habitudes et les mœurs de ceux qui travaillent, leur plus ou moins d'instruction, leur plus ou moins de prévoyance de leurs besoins futurs et de ceux de leurs familles, le sentiment du devoir qui se développe dans les hommes à mesure que leur intelligence se perfectionne, les divers degrés de liberté dont ils jouissent depuis l'esclave jusqu'au paysan norvégien ou l'ouvrier de New-York ou de Philadelphie. »

» Ces grands problèmes sociaux qui avaient préoccupé mon père, faisaient pour lui partie d'une science qu'il appelait la cœnolbologie. Le mot peut sembler bizarre, mais traduisez : c'est la *science de la félicité publique*... »

Cette cœnolbologie à laquelle Jean-Jacques fait ici allusion est une science du deuxième ordre, faisant partie de l'économie sociale et comprenant elle-même deux sciences du troisième ordre, la cœnolbologie comparée et la cœnolbogénie, l'avant-dernière correspondant au point de vue troponomique et la dernière au point de vue cryptologique de l'objet spécial de l'économie sociale.

Digitized by Google

Voici ce qu'en dit Ampère lui-même :

« On a souvent restreint l'économie sociale à ce que j'ai appelé l'économie sociale proprement dite, c'est-à-dire l'étude de ce qui existe, sans s'occuper de cette autre partie de la science où l'on examine comment les divers modes de distribution des richesses et tant d'autres circonstances influent sur le bonheur des individus, la puissance et la prospérité des nations. C'est évidemment oublier le but final de l'économie sociale, c'est comme si, dans les sciences industrielles, on se bornait à la partie élémentaire de ces sciences, c'est-à-dire à la connaissance des procédés usités et des profits qui en résultent, sans rechercher quels sont les meilleurs procédés et les raisons pour lesquelles ils doivent être préférés. Ce but a été étrangement méconnu par une école trop célèbre qui s'est efforcée de substituer aux pensées généreuses généralement admises avant elle, des vues contraires à toute amélioration dans l'état social. Mais déjà une nouvelle école revient à des idées plus saines, et ses travaux conduisent à faire concourir toutes les parties de l'économie sociale vers la solution de cette grande question : faire vivre sur un terrain donné le plus grand nombre d'hommes, avec la plus grande somme de bonheur possible. »

Nous voyons ainsi apparaître, sous le froid exposé scientifique, un Ampère au cœur généreux. Voici encore une lettre, du 10 mars 1817, à un de ses amis M. Gosse.

« ...En attendant ma lettre à Roux, je vous envoie quelques fragments d'une doctrine sur laquelle je vous prierai de lui demander son avis. On ne doit pas craindre le développement de l'industrie et des inventions de machines successives, de procédés pour abréger le travail, etc. A mesure que le travail d'un même nombre d'hommes produit davantage, les produits diminuent de prix et l'usage s'en étend de classe en classe.

» Il faut encourager ce progrès jusqu'à ce que le dernier agriculteur ait de bons aliments, de bons vêtements, des habitations salubres, etc., souhaitons que ces idées se développent et se multiplient. On dit qu'alors l'agriculteur ne voudra plus travailler : l'expérience prouve le contraire. Le paysan, l'ouvrier espagnol ou le bas-breton ne fait rien, la moitié du temps, que de rester couché dans sa sale cabane. Celui du Dauphiné, de la Normandie, emploie tous ses moments pour ne pas perdre une partie du bien-être auquel il est habitué.....

» Cet état supérieur à ce que nous voyons sera le résultat infaillible de la marche toujours accélérée de l'esprit humain.....

» Que ces opinions restent entre Roux et nous : *elles me feraient lapider...* Nous voilà déjà délivrés de deux grands fléaux qui ont failli étouffer la France : de l'esprit jacobin, qui ne voulait que du pain et du fer, et de l'esprit militaire qui demandait des hommes et des richesses pour ceux qui détruisaient au lieu de produire. »

Digitized by Google

Je veux suspendre un instant ces citations pour faire remarquer qu'ici la générosité naturelle d'Ampère nuit pour un instant à sa géniale lucidité ; il nous croit délivrés, en 1817, de l'esprit militaire!...

Et pourtant, cette confiance inépuisable, cet immense amour de l'humanité auraient eu quelque raison, chez d'autres, d'être éclipsés par la terrible épreuve qu'il dut subir : il avait dix-huit ans, en 1793, quand son père fut guillotiné, pour avoir conservé ses fonctions de juge de paix, à Lyon, pendant le siège de la ville. Cette mort fut un coup affreux pour le jeune Ampère et sa douleur suspendit pendant quelque temps toutes ses facultés.

Mais il avait hérité des convictions du père « qui mourut comme tant de Constituants illustres, comme tant de Girondins, fils de 89 et 91, enfants de la Révolution, dévorés par elle, mais pieux jusqu'au bout, et ne la maudissant pas! » (Sainte-Beuve.)

La souffrance morale ennoblit-elle le caractère comme certains l'affirment? Le cas d'Ampère semble confirmer cette thèse, car, pour quiconque suit sa vie dans les documents qui nous restent, il est hors de doute que les dures épreuves ne lui furent pas épargnées. Je vous ferai grâce de ces tristesses.

Je laisse de nouveau parler Sainte-Beuve :

« La Révolution de 1789, en éclatant, avait retenti jusqu'à l'âme du studieux, mais impétueux jeune homme, et il en avait accepté l'augure avec transport. » (Il avait alors quatorze ans, et la nouvelle de la prise de la Bastille était venue le surprendre dans ses montagnes de Poleymieux.)

» Il eut foi, toujours et de plus en plus, et avec cœur, à la civilisation, à ses bienfaits, à la science infatigable en marche vers les *dernières limites, s'il en est, des progrès de l'esprit humain.* » (Préface de la Philosophie des Sciences.)

Il aimait à répéter que le métier de conquérant lui faisait horreur.

Il écrivait à sa sœur : « T'ai-je dit que j'avais été présenté à l'Empereur il y a quinze jours? J'ai vu tout à mon aise cet homme célèbre qui t'inspire, *à toi*, de l'admiration. Que n'a-t-il autant de sensibilité que de génie! »

En 1828, à cinquante-trois ans, atteint d'une bronchite chronique qui devait l'emporter huit ans plus tard, il dut aller passer l'hiver dans le Midi, à Hyères. En ce temps, le voyage était bien long : son fils et un ami l'accompagnaient dans la voiture, et des causeries interminables, comme il en avait le secret, faisaient oublier à ses compagnons la lenteur du procédé de locomotion.

Comme Jean-Jacques lui reprochait un jour de trop se fatiguer, il s'écria : « Ma santé, ma santé! Il s'agit bien de ma santé? Il ne doit être question entre nous que de vérités éternelles, des choses et des hommes qui ont été funestes ou utiles à l'humanité! »

Je pense vous avoir suffisamment montré que le génie universel d'Ampère l'avait emporté, voilà plus d'un siècle, vers la conception la plus moderne de la vie sociale.

Digitized by Google

Chez lui le génie apparaît en tout. Comme celui de Léonard de Vinci, son vaste cerveau se complaît à tous les travaux de la pensée, mais, favorisée peut-être par les circonstances, son œuvre est autrement féconde que celle du grand Florentin.

Encore une fois, il n'est pas dans mon intention de vous parler de l'œuvre d'Ampère en physique, mais je ne puis terminer sans dire quelques mots de la partie capitale de cette œuvre, celle qui a trait à l'électricité. Je laisse d'abord parler Littré.

« Ce ne fut pas M. Œrsted qui s'engagea dans cette route : le fait observé, il l'interpréta mal.

» Les accidents très variés du phénomène lui firent illusion, il ne sut rien y voir de constant, et il n'était pas assez maître de l'analyse mathématique pour ramener à un principe commun les mouvements complexes qu'il observait...

» Peut-être la science se serait-elle arrêtée longtemps devant l'observation de M. Œrsted et, égarée par des théories insuffisantes et fausses, comme par de vaines lueurs, aurait-elle perdu la voie véritable des découvertes qui devaient si rapidement l'enrichir. Mais, heureusement, il se trouva alors un esprit aussi systématique qu'habile à manier l'analyse mathématique ; celui-là ne s'arrêta pas devant les apparences du phénomène. Trop habitué, par sa nature même, à remonter du particulier au général, trop instruit des lois rationnelles de la mécanique pour croire qu'il eût trouvé quelque chose d'important, s'il n'avait pas trouvé une formule qui contînt tous les faits sans exception, M. Ampère se mit à l'œuvre et donna à la découverte de M. Œrsted une face toute nouvelle et une portée inattendue... »

Puis viennent des dissertations sur l'enchaînement connu : action d'un courant sur un aimant, action d'un courant sur un courant, action d'un champ magnétique sur un courant, puis ;

« L'homme le moins habitué aux spéculations de la physique comprendra qu'en tout ceci, M. Ampère n'a rien dû au hasard, et qu'il n'a trouvé que ce qu'il a cherché.

» Il y a là l'expression d'une des conditions les plus réelles du *vrai génie* dans les sciences, à qui les découvertes n'arrivent *point par un hasard*, mais qui va au-devant d'elles par une sorte de pressentiment. »

On confond, en effet, trop volontiers, surtout aujourd'hui, celui qui fait une découverte par hasard, qui n'en voit même pas la portée, avec celui qui *va au-devant*.

Voici encore ce que dit Maxwell, cet autre géant de la physique, de la partie de cette œuvre concernant l'action des courants sur les courants :

« L'étude expérimentale par laquelle Ampère a établi les lois de l'action

Digitized by Google

mécanique qui s'exerce entre les courants électriques constitue un des plus brillants exploits de la science.

» Il semble que cet ensemble de théorie et d'expérience ait jailli dans toute sa puissance, avec toutes ses armes, du cerveau du Newton de l'électricité. La forme en est parfaite, la rigueur inattaquable et le tout se résume en une formule, d'où peuvent se déduire tous les phénomènes et qui devra toujours rester la formule fondamentale de l'électrodynamique ».

Mais il y a plus : pour quiconque réfléchit aux causes et à l'enchaînement des faits relatifs à l'évolution de l'industrie électrique, il n'est pas douteux que ce sont les découvertes d'Ampère qui constituent le point de départ *réel* de cette évolution. On peut évidemment remonter jusqu'à Thalès de Milet, mais l'essor formidable de cette industrie moderne, qu'il s'agisse de petite énergie ou de grosse énergie, a sa cause initiale dans les découvertes d'Ampère relatives aux actions mécaniques des courants, complétées ensuite par celles de Faraday relatives à l'induction.

A mon sens, l'hypothèse des courants particulaires ne fut pas moins géniale, et je trouve qu'en général, on n'insiste pas assez sur la fécondité de cette hypothèse. C'est en somme sur une généralisation de cette conception, l'électron en mouvement de rotation, que repose tout l'édifice de la Physique moderne.

Mais il semble qu'Ampère eut beaucoup de peine à faire admettre ses idées par les savants de son époque. Littré nous dit que Fourier fut à peu près le seul à les accueillir avec faveur.

La résistance des savants étrangers fut encore plus grande, et l'on s'en aperçut bien soixante ans plus tard, au Congrès international de 1881.

Electriciens, nous sommes fiers à juste titre d'avoir été les premiers à posséder un système *international* de mesure et d'unités qui fut adopté dans cet immortel congrès.

En ce qui me concerne, cette fierté n'est pas absolument sans mélange ; il s'y mêle quelque peu le regret que ces avantages pratiques considérables n'aient été obtenus qu'au détriment de la gloire d'Ampère, et au fond, de la solidité de l'assise de l'édifice. Je m'explique ; il y avait alors trois systèmes en présence :

1° Le système *électrodynamique,* appuyé sur les travaux d'Ampère, simple, tangible : un courant, une force, le courant se mesure par la force : le courant qui est la grandeur qui nous intéresse le plus s'obtient directement ; les autres grandeurs, qui sont d'un intérêt moins immédiat, s'en déduisent.

2° Le système *électrostatique*, plus artificiel, en tout cas plus indirect puisqu'il part de la force exercée entre quantités d'électricité, qui sont des intégrales de courants. Néanmoins ce système repose encore sur des bases réelles puisqu'il est admis maintenant que l'électron n'est pas une simple fiction.

Digitized by Google

3° Le système *électromagnétique*, plus indirect encore que le précédent et tout à fait artificiel puisqu'il part de la force exercée entre quantités de magnétisme, que tout le monde s'accorde aujourd'hui pour dire inexistantes physiquement. C'est celui qui fut adopté pour exprimer les unités pratiques.

Ainsi la masse magnétique, n'ayant aucune existence légale et ne pouvant pas en avoir, servit de base à l'établissement des unités légales internationales!

Mais voilà ! le système électrodynamique était né français et la défaite militaire de 1870 pesait encore lourdement sur nous. Disons-le aussi nettement : il n'y avait pas chez nous, de quoi tenir tête à une coalition étrangère qui comptait des hommes comme lord Kelvin, von Helmholtz, Clausius, Kirchhoff, Wiedemann et les deux Siemens...

Consolons-nous ! Ampère lui-même, je pense, nous y engagerait : l'important, c'est *l'accord*, même sur des choses imparfaites, car toutes choses sont imparfaites, plus ou moins.

Et la ténacité de Mascart obtint que l'unité de courant fût l'*Ampère*, et non le *Weber* comme le voulaient les Allemands. Grâce à lui, le nom d'Ampère est répété tous les jours des milliers de fois par toute la terre. C'est déjà l'immortalité, cela !

Mais qu'avons-nous fait, nous, Français, pour sa glorification ?

Faisant allusion à la fin d'Ampère, Sainte-Beuve dit : « En reportant son regard, du haut de la montagne de la vie, vers ces sciences qu'il comprenait toutes, et dont il avait agrandi l'une des plus belles, il put atteindre un moment au bonheur serein du sage et reconnaître en souriant ses domaines ».

Mais s'il pouvait, pour un instant, sortir aujourd'hui de son tombeau et reconnaître à nouveau ses domaines, il verrait partout de gigantesques alternateurs qui déversent l'énergie à torrents sur de vastes étendues ; partout la lumière qui rivalise de subtilité avec l'aurore boréale : la matière inerte animée, vivifiée par le mouvement, transfigurée par les réactions électrochimiques : partout la voix humaine franchissant les espaces à perte de vue : la pensée humaine transmise instantanément par toute la terre. Devant tant de magnificence, il croirait les hommes réconciliés, son rêve réalisé, et son cœur déborderait de joie et d'allégresse.

Digitized by Google

AMPÈRE

Son œuvre en électricité [1]

Un siècle s'est écoulé depuis le temps où la science électrique a réalisé un de ses plus grands progrès, par le génie d'un homme qui a illustré sa ville natale et la France entière ; le nom d'André-Marie Ampère grandira d'âge en âge, à mesure que les générations comprendront mieux la beauté et la fécondité de son œuvre.

Notre illustre compatriote, né à Lyon le 22 janvier 1775, passa toute sa jeunesse dans le beau pays où nous nous trouvons réunis. Enfant précoce, portant à toutes choses un intérêt passionné, il dévora tous les livres qu'il eut à sa disposition. La grande Encyclopédie, en 20 volumes in-folio, fut longtemps sa lecture favorite ; la merveilleuse mémoire dont il était doué lui fit retenir, presque textuellement, de longs passages de ce colossal ouvrage. Son génie mathématique se révéla de très bonne heure ; il apprit le latin pour pouvoir lire les ouvrages d'Euler et de Bernoulli ; nous le trouvons aussi inventeur d'une langue universelle, composant un poème dans cet idiome compris de lui seul ; nous le voyons plus tard herborisant sur les collines de Poleymieux et acquérant, en botanique, des connaissances approfondies, qui devaient étonner un jour ses confrères de l'Institut.

Son père, qui allait bientôt périr victime des passions révolutionnaires, avait reconnu la puissance de ce grand esprit et disait : « quant à mon fils, il n'y a rien que je n'attende de lui » ; et l'avenir devait lui donner raison. Aussi laissa-t-il, se développer en liberté et en tous sens cette belle intelligence ; il est permis de penser, quoi qu'on en ait dit, que c'était là ce qu'il fallait pour ne pas briser la spontanéité d'un génie auquel les règles communes ne pouvaient s'appliquer.

Les premiers travaux publiés par Ampère eurent pour objet les mathématiques pures, qui, jusqu'à ses belles découvertes en électricité, formèrent la

(1) Discours prononcé par M. Gouy, membre de l'Institut, professeur à l'Université de Lyon, le 3 juillet 1921, à Poleymieux (Rhône).

Digitized by Google

plus grande part de son œuvre scientifique. *Les considérations sur la théorie mathématique du jeu*, qu'il publia à Bourg, où il faisait ses débuts comme professeur de mathématiques et de physique, et un mémoire sur l'*Application du calcul des variations à la Mécanique*, lui valurent de puissantes protections. Il fut nommé professeur de mathématiques au lycée de Lyon, et ainsi put revenir vivre auprès de sa femme et de son fils Jean-Jacques, qui devait, dans les lettres, se faire un nom estimé.

Mais son bonheur fut de courte durée : il perdit sa jeune femme et le séjour de Lyon lui devint pénible ; il voulut partir pour échapper à de tristes souvenirs. Ses protecteurs, Delambre, Lalande et Laplace le firent nommer répétiteur à l'Ecole Polytechnique, où il fut plus tard professeur d'analyse et de mécanique. Il joignit ensuite à ces fonctions celle d'Inspecteur général de l'Université.

Arrivé à Paris, Ampère, après les jours troublés d'une seconde union, vécut dans la société des savants et des philosophes. Il fut longtemps préoccupé de métaphysique, de psychologie, d'idées générales sur la classification des sciences, où il a laissé une œuvre pleine d'aperçus nouveaux, comme tout ce qui sortait de sa plume. Nous le voyons aussi, épris d'histoire naturelle, prendre part, avec une grande vivacité, à la discussion célèbre qui s'établit entre Cuvier et Geoffroy St-Hilaire sur l'unité de composition des êtres organisés, qu'il avait pressentie déjà en 1803. Il méditait en même temps sur les principes de la chimie et formulait, en 1814, l'hypothèse célèbre de l'égalité du nombre de molécules pour tous les gaz, dans les mêmes conditions de volume, pression et température. Ce principe, dont toutefois la priorité appartient à Avogadro, est resté la base fondamentale de la chimie moderne.

Cependant, il ne négligeait pas les mathématiques. Ses mémoires dans ce genre sont nombreux et ne se prêtent pas à une analyse sommaire ; disons seulement qu'ils suffiraient à une réputation scientifique de premier ordre, et qu'ils le firent entrer à l'Académie des Sciences, en 1814, dans la section de géométrie.

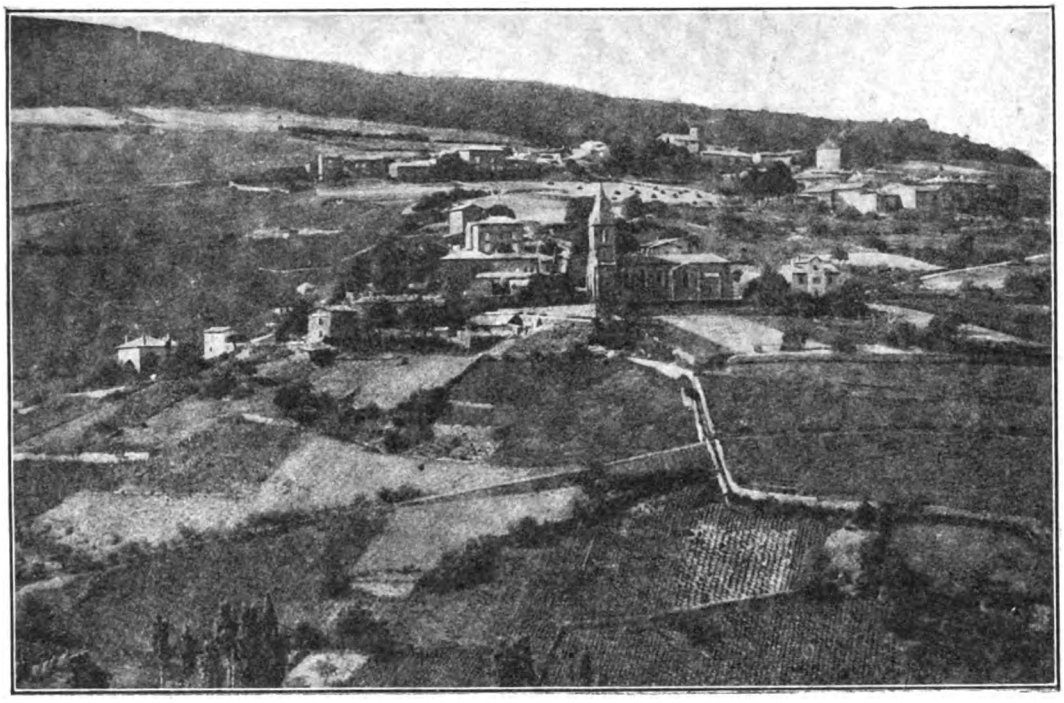
Mais son œuvre capitale, qui a immortalisé son nom, c'est l'électrodynamique et l'électromagnétisme.

En 1819, Œrsted découvrit l'action du courant électrique sur l'aiguille aimantée. Arago, ayant vu à Genève cette expérience reproduite par de la Rive, en fit la démonstration à l'Académie des Sciences, le 11 septembre 1820. Dès la séance suivante, Ampère annonçait l'existence de l'action mutuelle des courants et créait ainsi l'électrodynamique.

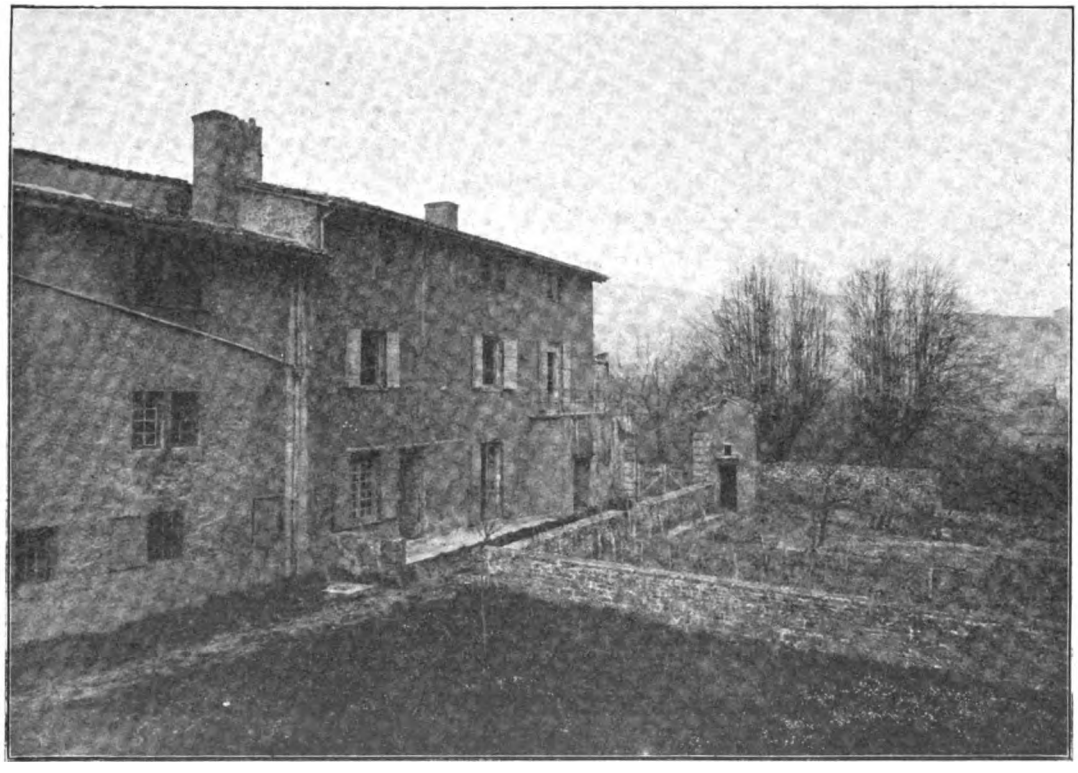
Alors commença un grand mouvement scientifique, où les découvertes se succédèrent rapidement, et d'où, en peu d'années, l'électrodynamique et l'électromagnétisme sortirent constitués d'une manière définitive.

Ampère donnait aussitôt l'énoncé classique qui définit le sens de l'action du courant sur l'aiguille aimantée. Dans l'expérience d'Œrsted, la force directrice

Digitized by Google



Vue de Poleymieux



La maison natale d'Ampère à Poleymieux

Digitized by Google

de la terre intervenait, et rendait le résultat moins net. Ampère construisit une aiguille astatique, montée sur un pivot parallèle au champ terrestre, qui était annulé ; l'aiguille se mettait en croix avec le courant, quelle que fût son intensité.

Bientôt, complétant une idée antérieure, il indiquait le principe du télégraphe électrique. Des conducteurs, en nombre égal à celui des lettres de l'alphabet, agissaient sur autant d'aiguilles aimantées, et aboutissaient, d'autre part, à un clavier ; l'opérateur lançait le courant dans l'un ou l'autre à volonté. Il ne manquait à ce projet, pour être réalisable, que l'idée d'employer un seul fil avec des signaux combinés, comme on l'a fait plus tard.

Puis vint un jour mémorable ; Arago avait observé qu'un courant rectiligne agissant sur la limaille de fer, en attire les grains en les aimantant, et aimante de même de petites aiguilles d'acier ; ce dernier fait avait été remarqué depuis longtemps pour les décharges électriques.

Ampère eut l'idée de donner au fil conducteur la forme d'une hélice ou d'une bobine creuse, entourant le noyau de fer, et créa ainsi l'électroaimant, découverte d'une immense portée.

En même temps, Biot et Savart trouvaient par l'expérience la loi de l'action d'un courant sur un pôle d'aimant, et Laplace en déduisait la formule élémentaire de l'Electromagnétisme, qui est restée définitivement acquise. Faraday observait les premières rotations continues électromagnétiques ; de la Rive étudiait l'action de la terre sur les courants. Ampère expliquait ces expériences avec la supériorité que lui donnait sa maîtrise dans le domaine mathématique.

Mais les phénomènes électrodynamiques, qu'il avait découverts, restaient son étude de prédilection. Il cherchait à établir la loi qui régit l'action mutuelle de deux éléments de courant. Les expériences étaient difficiles ; il ne pouvait être question de mesures proprement dites, en raison de l'absence d'instruments aptes à cet usage et de l'inconstance des courants dont on disposait alors. Ampère tourna la difficulté en considérant des états d'équilibre, indépendants de l'intensité du courant. Après quelques tâtonnements et des expériences variées, il donna sa formule célèbre qui est restée dans la science sans changement. Cette formule est cependant rarement employée aujourd'hui ; on préfère se servir d'un théorème fondamental, démontré aussi par lui, qui ramène l'action d'un courant à celle d'un feuillet magnétique, et qui permet, le plus souvent, de résoudre d'une manière simple et intuitive les problèmes qui se posent dans les recherches scientifiques ou dans les applications industrielles.

Les savants de l'époque, formés à l'école de Newton et habitués à considérer des forces centrales, ne virent pas sans étonnement ces expressions de forces élémentaires, qui ne sont pas dirigées suivant la droite qui joint leurs points d'application, ou même qui ont leur point d'application en dehors du corps sur lequel elles doivent agir, comme, par exemple, la force exercée par une portion de courant sur un aimant. Ce ne fut qu'à la longue et en présence de véri-

Digitized by Google

fications expérimentales incontestables, qu'ils se résignèrent à accepter ces nouveautés, tout en faisant la réserve que ce n'étaient pas là des forces élémentaires dans le vrai sens du mot. Nous pouvons comprendre cet état d'esprit, nous qui, dans une crise bien plus grave, devant les succès grandissants des théories des quanta et de la relativité, voyons, non sans surprise, disparaître ou s'obscurcir momentanément des principes de physique, de mécanique et même de géométrie, qui avaient notre confiance toute entière.

Avec le développement de la théorie, d'autres objections se présentaient. Ampère détruisait, sans doute à jamais, l'idée du magnétisme considéré comme indépendant de l'électricité. D'après son hypothèse célèbre, les molécules des corps sont le siège de courants intérieurs, constants et indestructibles, qui agissent entre eux et sur les courants ordinaires suivant les lois de l'Electrodynamique. Ces courants moléculaires sont en général orientés de toutes les manières possibles ; quand le corps s'aimante, ils se trouvent ramenés plus ou moins exactement au parallélisme. Cette hypothèse hardie a été précisée quand on a vu ces courants moléculaires réalisés par les mouvements des électrons, décrivant dans la molécule des orbites variées. Mais on se demandait comment ces courants pouvaient ainsi persister sans dépense d'énergie, comment ces mouvements d'électrons ne produisaient pas un rayonnement électromagnétique. La théorie des quanta, aussi féconde qu'obscure, lève la difficulté en nous enseignant que de tels mouvements d'électrons ne peuvent pas en effet produire de radiations, ni de perte d'énergie. On a vu, du reste, depuis quelques années, dans le laboratoire frigorifique créé à Leyde, par un physicien éminent, des courants circuler sans aucune dépense d'énergie, sans affaiblissement sensible pendant des heures entières, à des températures très voisines du zéro absolu. Les courants moléculaires, maintenant plus en crédit que jamais, sont une des plus belles conquêtes que la physique doive au génie d'Ampère ; ils sont demeurés la base de nos théories magnétiques.

En 1824, sa grande œuvre étant presque achevée, Ampère fut nommé professeur au Collège de France. La préparation de deux enseignements d'un ordre élevé, les fonctions d'inspecteur général dont il s'acquitta toujours avec une grande fatigue, des malheurs de famille, des soucis matériels, réduisirent beaucoup son activité scientifique et ruinèrent sa santé. Il mourut en 1836, en tournée d'inspection au Collège de Marseille, âgé de 61 ans.

On peut regretter que ses contemporains, voyant à l'œuvre de telles facultés créatrices, n'aient pas su mieux ménager cette force de la nature, en donnant à ce grand esprit les moyens de se livrer en paix à ses fécondes méditations. Il fallait sans doute le recul du temps, qui met chaque chose à sa vraie place, pour en faire comprendre toute la valeur, même au seul point de vue des intérêts matériels.

Pour les applications de la science électrique, l'œuvre capitale d'Ampère, c'est l'invention de l'électroaimant. Il est impossible de se rendre compte, d'un

Digitized by Google

seul coup d'œil, de son rôle incomparable dans l'art de l'électricien. Sans lui, pas d'applications mécaniques de l'électricité, pas de télégraphe ni de téléphone, pas de courant produit par la force motrice; rien d'important en un mot, au point de vue pratique. Les trois découvertes capitales : le courant, l'électro-aimant, l'induction, feront vivre à jamais les noms de Volta, d'Ampère et de Faraday. De ces trois noms glorieux, celui de notre compatriote n'est pas le moindre, et il est assuré de traverser les siècles. Toujours le praticien, en regardant son ampèremètre, se rappellera le créateur légendaire de l'électricité industrielle; le professeur parlera de l'observateur d'Ampère, couché sur le courant, la face tournée vers l'aiguille aimantée; l'historien des sciences dira qu'Ampère fut le Newton de l'électricité,

Devant le beau monument élevé à sa mémoire par la ville de Polcymieux, l'Université de Lyon se joint aux admirateurs d'Ampère pour rendre hommage à ce puissant génie, bienfaiteur de l'Humanité.

Digitized by Google.

AMPÈRE

Sa Vie

André-Marie Ampère est né à Lyon, le 22 janvier 1775, et est mort à Marseille, le 10 juin 1836. Son père, négociant très estimé, s'étant retiré dans une petite propriété à Poleymieux-les-Mont-d'Or, près de Lyon, Ampère fut élevé sans maîtres. La faculté qui se développa la première chez lui fut celle du calcul arithmétique; avant de connaître des chiffres, il faisait à l'aide de cailloux peu nombreux de longues opérations. Son père avait commencé à lui enseigner le latin, mais, lorsqu'il vit cette disposition extraordinaire pour les mathématiques, il la favorisa et procura à son fils les livres nécessaires. Ampère apprit tout seul les mathématiques élémentaires et l'application de l'algèbre à la géométrie. Il était âgé de onze à douze ans, quand son père l'emmena à Lyon, voir l'abbé Daburon, inspecteur général des études du Collège afin de lui procurer à la bibliothèque de cet établissement les ouvrages d'Euler et de Bernoulli. Etonné de la précocité du jeune Ampère, l'abbé Daburon lui donna quelques leçons pour l'initier au calcul différentiel et à l'analyse mathématique. Un ami de l'abbé, qui s'occupait de botanique, s'intéressa également à l'enfant qui prit un goût violent pour les sciences naturelles. En même temps, Ampère se passionnait pour la lecture de toutes sortes de livres et, en particulier, pour l'Encyclopédie du XVIIIe siècle qu'il connut bientôt, d'un bout à l'autre.

Doué d'une mémoire extraordinaire, Ampère n'oubliait jamais ce qu'il avait appris; toutes les sciences, tous les arts l'intéressèrent et aucune connaissance humaine ne lui était étrangère. A dix-huit ans, il étudiait la mécanique analytique de Lagrange dont il avait refait presque tous les calculs. Il accueillit avec transport la révolution de 1789 dont les idées l'enthousiasmaient. Il y avait, disait-il, trois événements qui avaient eu un empire sur sa vie; l'un était la lecture de l'éloge de Descartes par Thomas, lecture à laquelle il devait son premier sentiment d'enthousiasme pour les sciences physiques et philosophiques. Le second événement était sa première communion qui détermina en lui le sentiment religieux et catholique qu'il conserva ineffaçable toute sa vie. Enfin, il comptait

Digitized by Google

pour le troisième de ces événements décisifs, la prise de la Bastille qui avait développé et exalté d'abord en lui son sentiment libéral. Ce sentiment demeura toujours en lui et il le témoigna par la foi qu'il eut toujours de plus en plus en la civilisation, en ses bienfaits, en la science infatigable en marche vers les dernières limites, s'il en est, des progrès de l'esprit humain.

D'une nature très expansive, il sentit toute sa vie le besoin de l'amitié ; quand il perdit sa sœur aînée qui avait eu une grande influence sur son enfance, il composa sur elle des vers qui sont un témoignage de sa sensibilité. En 1793, une nouvelle et terrible douleur vint encore la mettre à l'épreuve ; son père, qui était juge de paix à Lyon avant le siège, conserva ses fonctions pendant le siège ; après la prise de la ville, on lui en fit un grief et il fut traduit devant le tribunal révolutionnaire et guillotiné comme aristocrate. A l'annonce de cette horrible exécution, Ampère terrassé par la douleur perdit toutes ses facultés et devint comme hébété, il passa son temps à contempler machinalement le ciel et à faire des petits tas de sable, il ne reconnut même plus les lieux où il avait été élevé. Ses lettres sur la Botanique de J.-J. Rousseau et les vers d'Horace de l'ode à Licinius :

« Sæpius ventis agitatur ingens
Pinus et celsæ graviore casu
Decidunt turres feriuntque summos
Fulmina montes ».

lus dans un Corpus poetarum latinorum ouvert par hasard le tirèrent de sa torpeur environ un an après.

Le voilà lancé sans peine dans l'étude de la botanique et des poètes du siècle d'Auguste ; il se mit à parcourir les bois et les campagnes en herborisant et déclamant des vers latins. Rentré chez lui, Ampère classait dans un petit jardin les plantes qu'il avait cueillies avec leurs racines. De 1794 à 1797, Ampère se donna complètement aux lettres, et, après avoir épuisé tous les poètes latins, se mit à apprendre le grec. Il composa des vers français, ébaucha un nombre considérable de poèmes, tragédies, comédies, qui, la plupart du temps, ne furent jamais terminés ou, pour être plus exact, étaient clôturés définitivement au milieu d'une tirade par quelque formule mathématique. Atteint d'une forte myopie, Ampère admirait la nature, bien qu'il ne pût en connaître toutes les merveilles ; ce n'est qu'à l'âge de 19 ans qu'un de ses amis, M. Ballanche, myope également, lui mit par hasard ses lunettes : ce fut pour Ampère un véritable éblouissement, une révélation, un ravissement sans bornes ; il comprit pour la première fois les merveilles de la lumière sur les montagnes et les forêts, l'éclat des fleurs, la beauté des campagnes sous un jour encore inconnu de lui.

Ce grand savant était d'ailleurs sujet à des éclosions subites de sentiments passionnés. A 30 ans, après avoir étudié l'acoustique, mais manquant totalement du sens musical, il se sentit comme par enchantement transporté dans un autre monde par l'audition d'une mélodie de Glück et il versa des larmes abondantes ;

Digitized by Google

depuis ce jour, son âme ne fut plus fermée aux beautés de l'art musical. D'une intelligence extraordinaire, Ampère a touché à toutes les sciences et y est passé maître sans avoir pris encore une direction définitive. Mathématiques, physique, chimie, sciences naturelles, lettres, arts, métaphysique, il a tout étudié, mais ce n'est qu'à partir de 1820, qu'il se consacra exclusivement à la physique sans abandonner pour cela la philosophie.

On aurait pu croire qu'absorbé par des travaux si variés, ce jeune homme aurait laissé de côté les passions de la jeunesse; il n'en est rien et l'histoire de son mariage est un véritable roman. Il avait 21 ans. Le 10 août 1796, il se promenait dans la campagne aux environs de Lyon, après le coucher du soleil, le long d'un ruisseau solitaire, lorsqu'il aperçut deux jeunes filles qui faisaient des bouquets ; il ne les a jamais vues auparavant, il ne sait qui elles sont ni à quelle famille elles appartiennent ; il n'en décide pas moins sur-le-champ que l'une sera sa femme. Il se renseigne sur la demeure des parents et le soir même va demander la main de la jeune fille, Mlle Julie Carron, qu'il n'épousa toutefois que 3 ans après, le 2 août 1799. Il composa à cette époque un journal de sa vie intitulé « *Amorum* » dans lequel il conte, jour par jour, toute l'histoire de ses sentiments, de son amour, de son mariage et qu'il continua à rédiger jusqu'à la mort de sa femme. De son union avec Mlle Julie Carron, Ampère eut un fils qui naquit le 12 août 1800 et fut plus tard un littérateur spirituel et un académicien.

C'est en vue de son mariage qu'Ampère, sans fortune, dut choisir une profession : sa future belle-famille faillit en faire un commis négociant. Heureusement pour la science française et pour la gloire d'Ampère, ce projet n'aboutit pas et on décida qu'il aborderait la carrière des sciences. Il commença par donner des leçons de mathématiques à Lyon. Logé chez MM. Perisse, libraires, cousins de sa fiancée, grande rue Mercière, Ampère partagea son temps entre ses études et ses visites à Saint-Germain où résidait sa fiancée. Poussé par ses penchants, il s'adonna surtout aux mathématiques, mais il y joignit bientôt la physique et la chimie. Avec quelques amis, Journel, Bonjour, Barret (depuis jésuite) et Lenoir, tous d'une remarquable intelligence, ils se réunissaient pour lire la chimie de Lavoisier qui venait de paraître. Les nouvelles théories contenues dans cet ouvrage l'émerveillaient et le passionnaient.

En 1801, Ampère fut nommé professeur à l'Ecole centrale de l'Ain à Bourg. La santé de sa femme commençant à décliner, il dut aller seul dans cette ville. C'est par la correspondance touchante, pleine de tendresses, de confidences qu'il eut avec sa femme malade pendant tout le temps que dura son séjour à Bourg, que nous connaissons les divers travaux auxquels il se livra dans cette ville. Il commença, à peine arrivé à Bourg, à réorganiser les laboratoires de physique et de chimie de l'école et bientôt, avec des instruments encore bien incomplets, il se livra à de très intéressantes expériences; à cette époque, c'était surtout la chimie qui l'intéressait. Il se lia bientôt avec un de ses collègues, M. Clerc, professeur de mathématiques avec lequel il composa un ouvrage : *Leçons élémen-*

Digitized by Google

taires sur les séries et autres formules indéfinies, qui d'ailleurs ne parut jamais.

A cette époque, le premier Consul qui, à côté de son génie militaire et administratif, était très porté vers les sciences mathématiques et physiques et qui, avec sa perspicacité habituelle, avait senti que l'électricité, à peine à l'état d'embryon, était la science de l'avenir, institua un prix de 60 000 francs dont le programme était le suivant : « Je désire donner en encouragement une somme de 60 000 francs à celui qui, par ses expériences et ses découvertes, fera faire à l'électricité et au galvanisme un pas comparable à celui qu'ont fait faire à ces sciences Franklin et Volta, mon but spécial étant d'encourager et de fixer l'attention des physiciens sur cette partie de la physique qui est, à mon sens, le chemin des grandes découvertes ». Ampère, qui étudiait à ce moment l'électricité et préparait un ouvrage sur ce sujet, voulut obtenir le prix, mais il interrompit son travail et ce fut Davy qui remporta le prix par sa découverte des rapports de l'attraction chimique et de l'attraction électrique, et par sa décomposition des oxydes des métaux alcalins et alcalinoterreux. Nul doute que, si Ampère avait fait à ce moment les découvertes qu'il fit vingt ans plus tard, il aurait remporté le prix offert par le premier Consul : mais à cette époque une idée purement mathématique vint lui traverser l'esprit et lui faire oublier complètement le prix de 60 000 francs. Nous laisserons à Ampère lui-même le soin de raconter l'histoire de cet *essai sur la théorie mathématique du jeu* qui le fit remarquer et fut le point de départ véritable de sa carrière scientifique. La genèse de ce travail montre combien, dans sa jeunesse, Ampère était pourvu d'idées extrêmement abondantes, mais manquait encore de décision ; il envisageait toutes les solutions que pouvait présenter un problème sans en oublier une, mais il avait du mal à choisir parmi ces solutions, celle qui, à son idée, était la meilleure.

« Il y a sept ans, ma bonne amie, écrivait-il à sa femme, que je m'étais proposé un problème de mon invention que je n'avais point pu résoudre directement, mais dont j'avais trouvé par hasard une solution dont je connaissais la justesse sans pouvoir la démontrer. Cela me revenait souvent dans l'esprit et j'ai cherché vingt fois à trouver directement cette solution. Depuis quelques jours cette idée me suivait partout. Enfin, je ne sais comment, je viens de la trouver avec une foule de considérations curieuses et nouvelles sur la théorie des probabilités. Comme je crois qu'il y a peu de mathématiciens en France qui puissent résoudre ce problème en moins de temps, je ne doute pas que sa publication dans une brochure d'une vingtaine de pages ne me fût un bon moyen de parvenir à une chaire de mathématiques dans un lycée. Ce petit ouvrage d'algèbre pure, et où l'on n'a besoin d'aucune figure, sera rédigé après-demain, je le relirai et le corrigerai jusqu'à la semaine prochaine, je te l'enverrai..... J'ai travaillé fortement hier à mon petit ouvrage. Ce problème est peu de chose en lui-même, mais la manière dont je l'ai résolu et les difficultés qu'il présentait lui donnent du prix. Rien n'est plus propre d'ailleurs à faire juger ce que je puis faire en ce genre..... »

Digitized by Google

Le tombeau des deux Ampère au cimetière Montmartre, à Paris.

Digitized by Google

Mais chaque jour, Ampère trouvait de nouvelles solutions et la publication de la brochure était toujours retardée : « J'ai fait hier une importante découverte sur la théorie du jeu en parvenant à résoudre un nouveau problème plus difficile encore que le précédent et que je travaille à insérer dans le même ouvrage, ce qui ne le grossira pas beaucoup parce que j'ai fait un nouveau commencement plus court que l'ancien..... Je suis sûr qu'il me vaudra, pourvu qu'il soit imprimé à temps, une place de lycée, car, dans l'état où il est à présent, il n'y a guère de mathématiciens en France capables d'en faire un pareil : je te dis ce que je pense pour que tu ne le dises à personne ».

Enfin, M. de Lalande, étant venu à Bourg, Ampère lut son mémoire à une séance de la Société d'Emulation de l'Ain. De Lalande ne put suivre les calculs d'Ampère, ses connaissances mathématiques n'étant pas assez profondes.

Cependant à la fin de 1802, MM. Delambre et Villar, chargés d'organiser les lycées dans cette partie de la France vinrent à Bourg. *La théorie mathématique du jeu*, alors imprimée, fournit à Delambre une haute idée du jeune mathématicien auquel il donna son appui. Ampère lut également à M. Delambre, dans une séance de la Société d'Emulation, un autre mémoire sur *l'Application à la mécanique du calcul des variations*; cet ouvrage confirma Delambre dans la haute idée qu'il s'était faite d'Ampère: il présenta ce mémoire à l'Institut et le fit lire à de Laplace. Ampère fut alors nommé professeur de mathématiques et d'astronomie au lycée de Lyon, selon ses plus chers désirs. Hélas! un deuil cruel allait le frapper presque aussitôt. Sa femme, qu'il chérissait tendrement, mourut de la maladie qui la rongeait depuis deux ans, au moment où la cruelle séparation allait cesser. Les sentiments religieux d'Ampère qui ont toujours été très ardents et profondément catholiques, l'aidèrent à supporter sa douleur avec une résignation toute chrétienne, témoin la prière ci-dessous, qu'il composa quelques jours avant la mort de sa femme, alors que tout espoir était perdu. Ce serait mentir à la mémoire d'Ampère que de ne pas la reproduire : « Mon Dieu, je vous remercie de m'avoir créé, racheté et éclairé de votre divine lumière en me faisant naître dans le sein de l'Eglise catholique. Je vous remercie de m'avoir rappelé à vous après mes égarements, je vous remercie de me les avoir pardonnés; je sens que vous voulez que je ne vive que pour vous, afin que tous mes moments vous soient consacrés. M'ôterez vous tout mon bonheur sur cette terre? Vous êtes le maître, ô mon Dieu! mes crimes m'ont mérité ces châtiments. Mais peut-être écouterez-vous encore la voix de vos miséricordes : *Multa flagella peccatoris, sperantem autem in Domino misericordia circumdabit. Firmabo super te oculos meos et instruam te in via hac qua graderis.* J'espère en vous, ô mon Dieu, mais je serai soumis à votre arrêt quel qu'il soit. J'eusse préféré la mort, mais je ne méritais pas le ciel et vous n'avez pas voulu me plonger dans l'enfer. Daignez me secourir pour qu'une vie passée dans la douleur me mérite une bonne mort dont je me sois rendu indigne. O Seigneur, Dieu de miséricorde, daignez me réunir dans le ciel à ce que vous m'aviez permis d'aimer sur la terre ».

Digitized by Google

En vendémiaire, an XIII (1804), Lacuée de Cessac, président de la section de la guerre nomma Ampère répétiteur d'analyse à l'Ecole Polytechnique sur la recommandation de M. Delambre. Dès ce moment, on peut dire que tous ses travaux sont des progrès pour la science : recherches d'analyse mathématique transcendante, application de cette analyse aux plus importantes questions de la mécanique rationnelle, de l'optique, de la physique, des gaz et même de la chimie moléculaire. En même temps Ampère se livrait à des études philosophiques et métaphysiques approfondies.

En 1805, Ampère se remaria, ce second mariage lui donna une fille.

En mars 1806, il fut nommé secrétaire du Bureau consultatif des Arts et Métiers; en 1808, inspecteur général de l'Université; en 1809, professeur d'analyse à l'Ecole Polytechnique; en 1814, membre de l'Institut de France (Académie des Sciences); Ampère fut également professeur de physique au Collège de France, membre de la Légion d'honneur, membre des Sociétés royales de Londres et d'Edimbourg, des Académies de Berlin, de Stockholm, de Bruxelles, de Lisbonne, des Sociétés de Cambridge, de Genève, etc...

Ce fut au cours d'une tournée d'inspection qu'Ampère, âgé de soixante et un ans, usé par le travail, mais en pleine force d'intelligence, tomba malade à Roanne. Il voulut continuer sa tournée; arrivé à Marseille, il dut s'aliter et mourut, au collège de cette ville, le 10 juin 1836 à 5 heures du matin.

L'œuvre d'Ampère est considérable, mais parmi tous ses travaux, celui qui lui valut le plus de gloire et l'immortalité fut sa découverte de l'*Electrodynamique*.

En 1819, le physicien danois Œrsted avait découvert l'action exercée par un fil parcouru par un courant électrique sur l'aiguille aimantée. L'Académie des Sciences ne connut les expériences d'Œrsted que le 11 septembre 1820. Sept jours après, Ampère découvrit l'action qu'exercent l'un sur l'autre deux courants électriques et il réalisa les appareils nécessaires pour démontrer expérimentalement ce phénomène (table d'Ampère). Poursuivant ses études, Ampère pensa que, si la terre agissait sur l'aiguille aimantée et si, d'autre part, un courant électrique agissait sur l'aiguille aimantée et sur un autre courant, la terre devait agir sur un courant électrique et lui donner une direction. Il en déduisit l'idée de l'aimantation permanente de la terre due à sa rotation sur elle-même, en présence du soleil.

Enfin, dans un *Exposé des nouvelles découvertes sur le magnétisme et l'électricité*, Ampère émit l'idée qu'on pourrait utiliser l'action d'un courant sur une aiguille aimantée pour transmettre des communications au loin; il eut ainsi le premier l'idée du télégraphe électrique.

Nous n'en dirons pas plus dans cette biographie d'Ampère sur ses travaux concernant l'électrodynamique et l'électromagnétisme, laissant à des voix plus autorisées le soin de le faire.

A côté du mathématicien et du physicien, nous trouverons dans Ampère,

Digitized by Google

comme nous l'avons déjà dit plus haut, un profond philosophe ayant une prédilection particulière pour les études métaphysiques. Cet homme, dont les connaissances embrassaient toutes les sciences, résolut de faire une classification générale des sciences. Son *Essai sur la philosophie des Sciences* ou *Exposition analytique des connaissances humaines* (*1834*) fut le plus important de ses travaux philosophiques. C'était le difficile problème que s'étaient posé Aristote, Platon, Bacon, d'Alembert, Leibnitz, Locke, etc., et devant lequel l'Encyclopédie avait échoué lamentablement. Ampère a trouvé une méthode naturelle qui groupe les sciences analogues. Pour faire son travail, il était parti du principe philosophique suivant : Toute science humaine se rapporte uniquement à deux objets généraux, le monde matériel et la pensée. De là, naît la division naturelle en sciences du monde ou cosmologiques et sciences de la pensée ou noologiques.

Les connaissances humaines étant ainsi divisées en deux règnes, Ampère divise chacun d'eux d'une façon analogue et ainsi de suite; il est arrivé par ce procédé à classer toutes les sciences dans un ordre parfait et à les mettre dans des rapports qui vont toujours en s'éloignant.

Ce grand savant, un des plus beaux et plus glorieux noms de France, était d'une candeur et d'une naïveté remarquables, jointes à une très grande timidité. D'une fortune très modeste, Ampère la dissipait par une bienfaisance sans limite et par la construction de nouveaux appareils; doué d'un ardent amour du progrès libéral, il fut souvent froissé par les événements dont il fut témoin. Tourmenté à une période de sa vie par des doutes religieux, il retrouva bientôt la foi et la soumission, qu'il avait si bien exprimée en 1803. « Jusqu'à la fin, « nous l'avons vu toujours allier et concilier sans plus d'effort et de manière à « frapper d'étonnement et de respect la foi et la science, la croyance et l'espoir « en la pensée humaine et l'adoration envers la parole révélée », a dit de lui Sainte-Beuve.

Les distractions d'Ampère sont proverbiales et connues de tous; nous en donnerons un exemple qui, croyons-nous, a reçu moins de publicité, et que nous avons trouvé dans une histoire de Napoléon Ier.

Pendant une séance de l'Institut, présidée par Geoffroy-Saint-Hilaire, Ampère occupait la tribune pour présenter un mémoire; l'Académie l'écoutait avec une vive attention, lorsque tout à coup une agitation extraordinaire, suivie d'un murmure général, se répandit dans l'Assemblée à la vue d'un étranger qui, vêtu d'un frac bleu foncé et décoré de la Légion d'honneur, était entré dans la salle; celui-ci d'un geste calma l'effervescence et approchant d'un fauteuil vide y prit place.

Ampère ne s'était aperçu de rien et une fois son mémoire lu, il le déposa sur le bureau de l'Académie et retourna tranquillement à sa place. Mais, à son grand étonnement, son fauteuil était occupé par l'étranger. Ampère gêné, mais

Digitized by Google

n'osant rien dire par timidité, tourna autour de son siège, toussa, mais sans résultats. Il s'adressa alors à ses collègues, trouvant étrange qu'on vienne sans autre forme s'emparer de la place d'un autre. Il n'eut pour réponse que des sourires silencieux. S'enhardissant, Ampère s'adressa à M. Geoffroy-Saint-Hilaire : « Monsieur le Président, lui dit-il, je dois vous faire remarquer qu'une personne étrangère à l'Académie s'est emparée de ma place et siège parmi nous ». « Vous êtes dans l'erreur, mon cher confrère, cette personne à laquelle vous faites allusion est membre de l'Académie des Sciences ».

« Et depuis quand ? demanda Ampère, — Depuis le 5 nivôse, an VI, répondit l'étranger. — Et dans quelle section s'il vous plaît, Monsieur ? répliqua Ampère d'un ton ironique. — Dans la section de mécanique, répondit l'intrus en souriant. — C'est un peu fort, s'écria Ampère, et prenant un annuaire de l'Institut il lut à cette date : Napoléon Bonaparte, membre de l'Académie des Sciences nommé dans la section de mécanique le 5 nivôse, an VI ».

Ampère n'avait pas reconnu l'Empereur; très troublé, il se répandit en excuses. L'Empereur que cette scène avait fort amusé, lui répondit aimablement : « Voilà, Monsieur, l'inconvénient qu'il y a de ne pas fréquenter ses collègues. Je ne vous vois jamais aux Tuileries ; mais je saurai bien vous forcer à venir au moins m'y souhaiter le bonjour ».

L'Empereur assista à la séance de l'Académie et avant de s'en aller, il s'approcha d'Ampère, lui tendit la main et l'invita en ces termes : « Quant à vous, mon cher Collègue, je vous attends demain à dîner ; ce sera pour sept heures, Je vous placerai à côté de l'Impératrice, afin que vous ne la preniez pas pour une autre ».

Le lendemain, l'Empereur ne se mit à table qu'à huit heures après avoir attendu son collègue de l'Institut pendant une heure... Ampère avait oublié de venir.

Nous terminerons cette notice biographique en donnant la liste des principaux travaux d'Ampère :

1° Mathématiques pures.

Considérations sur la théorie mathématique du jeu (Lyon 1802) ; *Démonstration de l'égalité de volume des polyèdres symétriques* (Correspondance sur l'Ecole Polytechnique, 6e numéro 1866) ; *Recherches sur l'application des formules générales du calcul des variations aux problèmes de la mécanique* (Mémoires des Savants étrangers, T. I, 1806) ; plusieurs mémoires dans le Journal de l'École Polytechnique, 1806, 1808, 1815, 1820 ; *Traité de calcul différentiel et intégral.*

2° Sur la chimie, trois mémoires dans les Annales de Chimie 1814-1816.

3° Sur la lumière :

Démonstration des lois de la réfraction (Mémoires de l'Institut, 1816) ; *Mémoire sur la détermination de la surface courbe des ondes lumineuses* (Annales de Chimie, 1828).

4° Sur l'électrodynamique et l'électromagnétisme :

Digitized by Google

Mémoire sur l'action mutuelle de deux courants électriques, sur celle qui existe entre un courant électrique et le globe terrestre et celle de deux aimants l'un sur l'autre (Annales de Chimie, 1820); *Recueil d'observations électrodynamiques* (Journal de Physique, 1820); *Lettres sur l'état magnétique des corps qui transmettent un courant d'électricité* (Annales de Chimie, T. XVI); *Notes sur un appareil* (Annales de Chimie, T. XVIII); *Mémoire sur la théorie mathématique des phénomènes électrodynamiques* (Mémoire de l'Académie des Sciences, 1827); *Notice sur les expériences électromagnétiques de MM. Ampère et Arago* (Moniteur du 25 mai 1822); *Notice sur une nouvelle expérience électromagnétique* (Annales de Chimie, 1821); *Nouveau mémoire sur l'action mutuelle des courants électriques*, (Annales de Chimie, 1823); *Mémoire sur l'action exercée par un circuit électrodynamique, etc.*, (Mémoire de l'Académie des Sciences, 1827).

5° Sur la zoologie.

Considérations philosophiques sur la détermination du système solide et du système nerveux des animaux articulés (Annales des Sciences naturelles, 1824).

6° Sur la philosophie :

Essai sur la philosophie des Sciences, etc.

Cette notice biographique, bien que fort incomplète, montre, plus que tout discours, la puissance extraordinaire du cerveau d'Ampère. Mathématiques, philosophie, physique, chimie, sciences naturelles, lettres, poésie, langues anciennes, etc... il a tout étudié, tout approfondi. D'autres savants ont peut-être fait des découvertes aussi importantes que celles d'Ampère sur l'électrodynamique et l'électromagnétisme, mais pas un n'a eu des connaissances aussi étendues, n'a eu un champ d'action aussi vaste. Cet homme d'une modestie rare, ne cherchant pas les honneurs, mais seulement la vérité, la vérité dans les sciences, la vérité dans la philosophie, profondément religieux, est certainement une des plus belles figures de la science française.

Henri Coquet,
Ingénieur E. S. E

Digitized by Google

AMPÈRE

Ses Mémoires sur l'Electrodynamique

Le présent opuscule, destiné à commémorer les découvertes qui, aujourd'hui encore, servent de base aux applications de l'électricité, serait incomplet s'il ne procurait au lecteur, désireux d'en prendre connaissance dans leur texte original, une liste des ouvrages dans lesquels il pourra retrouver les mémoires de notre illustre compatriote.

En raison du grand nombre des mémoires publiés par Ampère pendant les années 1821 et suivantes sur l'électrodynamique et l'électromagnétisme, en raison, aussi, de la diversité des recueils scientifiques dans lesquels ils ont été insérés, une telle tâche nous eût demandé un temps considérable si, fort heureusement, elle n'avait déjà été accomplie par la Société française de Physique, il y aura bientôt quarante ans.

C'est, en effet, en janvier 1883 que la Société française de Physique, sur la proposition du distingué physicien J. Joubert, son secrétaire général, décidait de « publier une série de mémoires concernant la physique, en s'attachant à reproduire particulièrement les mémoires parus depuis un siècle environ et qu'il est devenu difficile de se procurer ». A la suite de cette décision, on fit paraître, de 1884 à 1891, cinq volumes, formant la « Collection de Mémoires relatifs à la Physique ».

Le premier est consacré aux mémoires de Coulomb ; les deux suivants, aux mémoires sur l'électrodynamique ; les deux derniers, aux mémoires sur le pendule.

Sur les 814 pages que renferment les deux volumes réservés aux mémoires sur l'électrodynamique, 400 pages, soit près de la moitié, se rapportent aux travaux d'Ampère. J. Joubert, qui s'était chargé du soin de rassembler ces mémoires, s'est particulièrement attaché à n'en omettre aucun : non seulement il a compulsé tous les périodiques de l'époque, mais encore il a dépouillé l'importante collection des papiers d'Ampère que conserve, dans ses archives, l'Académie

Digitized by Google

des Sciences de Paris. On peut donc être assuré de trouver l'œuvre complète d'Ampère dans ces volumes.

Il nous a paru, dès lors, qu'il suffisait de renvoyer le lecteur à ces deux volumes de la « Collection de Mémoires relatifs à la Physique », d'autant plus que la Société française de Physique désireuse, elle aussi, d'apporter sa contribution à la commémoration du centenaire des découvertes d'Ampère, a spontanément offert de céder, aux personnes qui en feront la demande (1), un certain nombre d'exemplaires de ces volumes aux conditions de prix qu'elle consent à ses membres.

Nous nous bornerons donc, après avoir reproduit l'avertissement publié par J. Joubert en tête de ces volumes, à donner simplement la liste des diverses publications d'Ampère en indiquant les pages de ces volumes où elles se trouvent reproduites.

J. B.

(1) Adresser cette demande aux bureaux de la *Revue générale de l'Electricité*, 12, place de Laborde, Paris, VIIIe. Le prix consenti étant de 10 francs par volume (prix en librairie 24 francs), joindre à la demande la somme de 20 francs augmentée des frais d'envoi (Paris, 1 franc; départements, 1,50 fr.; étranger, 5 à 6 fr.).

Digitized by Google

AVERTISSEMENT

Ce volume et le suivant, lesquels forment les tomes II et III de la « Collection de Mémoires relatifs à la Physique », sont consacrés à la reproduction des principaux mémoires publiés sur l'électrodynamique. Ces mémoires sont rangés par ordre de date, de manière à présenter, au moins dans ses origines, l'histoire de cette branche de la physique.

Le premier volume commence par le mémoire d'Œrsted, publié le 21 juillet 1820, et va jusqu'à la fin de 1823. Il renferme des mémoires d'Ampère, d'Arago, de Biot, de Davy, de Faraday, de G. et A. de la Rive, etc. Ceux d'Ampère tiennent naturellement la plus grande place; les mémoires d'Ampère postérieurs à 1823 occupent également une grande partie du volume suivant.

On trouvera, à très peu près, dans ces deux volumes, tout ce qui a été publié sur l'électrodynamique par l'illustre physicien. Quelques articles seulement ont été supprimés pour éviter les répétitions inutiles; par exemple, l'Opuscule intitulé : *Précis de la théorie des phénomènes électrodynamiques* (1824), dont toutes les parties se trouvent reproduites textuellement dans le grand mémoire publié en 1826 (1).

Je dois à l'obligeance de M. J. Bertrand, secrétaire perpétuel de l'Académie des Sciences, d'avoir pu compulser la collection des papiers d'Ampère qui appartient à l'Académie (2); j'ai pu, avec son autorisation, en tirer pour la présente édition quelques morceaux restés inédits ou publiés seulement par extraits et qui, sans apporter des faits nouveaux, n'en présentent pas moins un intérêt réel. Tels sont, en particulier, les articles publiés sous les numéros VII, XXI, XXV et XXIX. C'est également de cette collection qu'on été tirées les deux notes inédites de Fresnel, relatives au magnétisme qui forment les articles IX et X.

Le texte des auteurs a été respecté scrupuleusement : une collection comme celle-ci doit offrir au lecteur, qui voudrait y puiser une citation, la même sécurité que l'original lui-même. Les figures ont été reproduites également avec toute la fidélité possible, avec cette différence seulement qu'on les a, pour la plupart, intercalées dans le texte. Quant aux traductions des mémoires écrits en langue étrangère, elles ont été faites entièrement et l'on a cherché à leur donner la rigueur et la fidélité qu'on demande aujourd'hui aux traducteurs des auteurs classiques.

J. Joubert.

(1) Les mémoires d'Ampère se trouvent dispersés dans les *Annales de Chimie*, le *Journal de Physique*, la *Bibliothèque universelle de Genève*, les *Mémoires de l'Institut*, les *Mémoires de l'Académie de Bruxelles*.
Le volume publié en 1822, chez Crochard, sous le titre de *Recueil d'observations électrodynamiques*, par M. Ampère, est formé par la réunion des tirages à part d'articles relatifs à l'électrodynamique parus, soit dans les *Annales de Chimie*, soit dans la *Bibliothèque universelle*. Ampère y a joint à ses propres œuvres des mémoires de Faraday, de de la Rive, etc.
L'article publié en 1822 dans le *Supplément à la traduction de la cinquième édition du système de Chimie de Thomson*, par Riffault, et ayant pour titre : Exposé de nouvelles découvertes sur le Magnétisme et l'Electricité, est, à part deux passages écrits par Ampère et qu'on trouvera pages 228 et suivantes du présent volume, entièrement de Babinet. Il renferme plusieurs inexactitudes, et Ampère en regrettait plus tard la publication. Nous ne l'avons pas reproduit.

(2) Cette collection, qui remplit près de quarante cartons, renferme, outre les papiers de la famille et une partie de la correspondance d'Ampère, un nombre considérable de notes, de cahiers et de mémoires sur les mathématiques, la physique, la chimie l'histoire naturelle, la classification des sciences, la philosophie, etc. On y trouve, pour ainsi dire, tout ce que la plume d'Ampère laissait, au jour le jour, tomber sur le papier, depuis les rédactions qu'il faisait à l'âge de 12 ou 13 ans, des leçons de mathématiques que lui donnait l'abbé Daburon, jusqu'aux notes prises en vue d'une leçon à l'Athénée, à l'École Polytechnique ou au Collège de France; des brouillons de calcul, des commencements de mémoires restés inachevés, des indications d'expériences à essayer, etc.; mais, en somme, tout au moins en ce qui concerne la théorie de l'électrodynamique, rien qui paraisse pouvoir être publié en dehors de ce qu'on trouvera dans la présente édition.

Digitized by Google

Liste des Publications d'Ampère sur l'Electrodynamique

De l'action exercée sur un courant électrique par un autre courant, le globe terrestre ou un aimant. — *Annales de Chimie et de Physique*, 2e série, t. XV, p. 59-76 et 170-218; *Recueil d'Observations électrodynamiques*, p. 1-68. Ce mémoire renferme le résumé des lectures faites par Ampère à l'Académie les 18 et 25 septembre, les 9, 16 et 30 octobre 1820. (*Collection de Mémoires relatifs à la Physique*, t. II, p. 7-53. Dans cette collection, la reproduction du mémoire est suivie d'un extrait d'une note sur une expérience relative à la nature du courant électrique, faite par Ampère et Becquerel, lue par Ampère dans la séance de l'Académie royale des Sciences du 12 avril 1824 et publiée dans les *Annales de Chimie et de Physique*, 1824, 2e série, t. XXVII, p. 29).

Mémoire sur l'expression mathématique des attractions et des répulsions électriques. — Mémoire lu à l'Académie le 4 décembre 1820, publié pour la première fois, d'après le manuscrit autographe des archives de l'Académie, dans la *Collection de Mémoires*, t. II, p. 128-136.

Analyse des mémoires lus à l'Académie les 11 et 26 décembre 1820 et les 8 et 15 janvier 1821. — Extrait d'un article inséré dans les *Annales des Mines*, t. V, p. 535-558, et reproduit dans le *Recueil d'Observations électrodynamiques*, p. 69-90. (*Collection de Mémoires*, t. II, p. 136-140).

Extrait d'une lettre d'Ampère au professeur de la Rive sur des expériences électromagnétiques. — *Bibl. univ. Sc. et Arts*, t. XX, p. 185-192; *Recueil d'Observations*, p. 252. (*Collection de Mémoires*, t. II, pr 153-157).

Expériences relatives aux nouveaux phénomènes électrodynamiques obtenus au mois de décembre 1821. — Extrait des notices lues à l'Académie royale des Sciences, dans les séances des 3 et 10 décembre 1821 et 7 janvier 1822; publié dans les *Annales de Chimie et de Physique*, 1822, 2e série, t. XX, p. 60-74; *Recueil d'Observations*, p. 237. (*Collection de Mémoires*, t. II, p. 192-204).

Réponse à la lettre de M. van Beck sur une nouvelle expérience électromagnétique. — Cette lettre a été insérée dans le cahier d'octobre 1821 du *Journal de Physique*, t. XCIII, p. 447. La lettre de Van Beck à Ampère (Utrecht, 15 septembre 1821) et une autre à de Blainville (10 octobre 1821), insérées à la suite l'une de l'autre dans le t. XCIII du *Journal de Physique*, p. 312, sont relatives à quelques expériences d'aimantation de plaques d'acier, au moyen de fortes décharges. (*Collection de Mémoires*, t. II, p. 212-237).

Exposé sommaire des nouvelles expériences électromagnétiques faites par différents physiciens, depuis le mois de mars 1821, lu dans la séance publique de l'Académie royale des Sciences, le 8 avril 1822. — *Journal de Physique*, t. XCIV,

Digitized by Google

p. 61-66, et *Recueil d'Observations électrodynamiques*, p. 199. (*Collection de Mémoires*, t. II, p. 238-244. Dans cette collection la reproduction du mémoire est suivie de « notes sur cet exposé des nouvelles expériences relatives aux phénomènes produits par l'action électrodynamique, faites depuis le mois de mars 1821 », notes qui occupent les pages 244 à 269.)

Second mémoire sur la détermination de la formule qui représente l'action mutuelle de deux portions infiniment petites de conducteurs voltaïques, lu à l'Académie royale des Sciences, le 10 juin 1822. — *Annales de Chimie et de Physique*. t. XX, p. 398-419 et *Recueil d'Observations*, p. 293. (*Collection de Mémoires*, t. II, p. 270-288).

Note lue à la séance du 24 juin 1822, publiée d'après le manuscrit autographe d'Ampère, tiré des Archives de l'Académie des Sciences. (*Collection de Mémoires*, t. II, p. 290-292).

Extrait d'une lettre adressée à M. Faraday le 10 juillet 1822. — Lettre inédite. La minute autographe fait partie des papiers d'Ampère appartenant à l'Académie. Cette lettre, commencée à Paris, a été terminée à Clermont, le 25 juillet. (*Collection de Mémoires*, t. II, p. 293-299).

De l'action qu'exerce la terre sur les conducteurs voltaïques. — Cet article forme la préface du mémoire d'Auguste de la Rive (art. XXIV) dans le *Recueil d'Observations électrodynamiques*. (*Collection de Mémoires*, t. II, p. 305-307.)

Notice sur quelques expériences nouvelles relatives à l'action mutuelle de deux portions de circuit voltaïque et à la production des courants électriques par influence, et sur les circonstances dans lesquelles l'action électrodynamique doit, d'après la théorie, produire dans un conducteur mobile autour d'un axe fixe un mouvement de rotation continu, ou donner à ce conducteur une direction fixe. — Présentée à l'Académie royale des Sciences, le 16 septembre 1822, et publiée pour la première fois d'après le manuscrit autographe faisant partie de la collection des papiers d'Ampère, appartenant à l'Académie des Sciences, dans la *Collection de Mémoires*, t. II, p. 329-337.

Note relative au mémoire de M. Savary. — Cette note fait suite à l'analyse du mémoire de Savary, faite par l'auteur lui-même et publiée dans le *Recueil d'Observations*, p. 334. (*Collection de Mémoires*, t. II, p. 376-383.)

Extrait d'une lettre de M. Ampère à M. Faraday, faite à Paris le 18 avril 1823. — *Annales de Chimie et de Physique*, t. XXII, p. 389; *Recueil d'Observations électrodynamiques*, p. 365. (*Collection de Mémoires*, t. II, p. 384-394.)

Extrait d'un mémoire sur les phénomènes électrodynamiques, présenté à l'Académie royale des Sciences (Institut de France) dans la séance du 22 décembre 1823. Copie avec corrections et additions de la main d'Ampère, tirée de la collection appartenant à l'Académie des Sciences. (*Collection de Mémoires*, t. II, p. 395-410.)

Mémoire sur la théorie mathématique des phénomènes électrodynamiques uniquement déduite de l'expérience, dans lequel se trouvent réunis les mémoires que M. Ampère a communiqués à l'Académie royale des Sciences, dans les séances des 4 et 26 décembre 1820, 10 juin 1822, 22 décembre 1823, 12 septembre et 28 novembre 1825. — *Mémoires de l'Académie des Sciences* 1823, 2e série, t. VI, p. 175-388. Ce volume, bien que portant la date de 1823, n'a paru qu'en 1827. Le mémoire du 22 décembre 1823 a été publié dans les *Annales de Chimie et de Physique*, 2e série, t. XXVI, p. 134-162 et 246-258, sous le titre de : *Mémoire sur les phénomènes électrodynamiques* et dans l'opuscule intitulé : *Précis de la théorie des phénomènes électrodynamiques*, par Ampère, pour servir de supplément à son Recueil d'Observations électrodynamiques et au Manuel

Digitized by Google

d'Electricité de Demonferrand, Paris, Crochard-Brachelin, 1824, 67 pages (*Collection de Mémoires*, t. III, p. 1-173. Dans cette collection, ce mémoire est suivi de « notes contenant quelques nouveaux développements sur des objets traités dans le mémoire précédent », notes qui occupent les pages 174 à 193).

Mémoire communiqué à l'Académie royale des Sciences dans sa séance du 21 novembre 1825, faisant suite au mémoire lu dans la séance du 12 septembre, publié d'après le manuscrit autographe des archives de l'Académie des Sciences. — D'après les procès-verbaux, la lecture a été faite en réalité dans la séance du 28 novembre. (*Collection de Mémoires*, t. III, p. 194-202).

Précis d'un mémoire sur l'action exercée par un circuit électrodynamique formant une courbe plane dont les dimensions sont considérées comme infiniment petites; sur la manière d'y ramener celle d'un circuit fermé, quelles qu'en soient la forme et la grandeur; sur deux nouveaux instruments destinés à des expériences propres à rendre plus directe et à vérifier la détermination de la valeur de l'action mutuelle de deux éléments de conducteurs; sur l'identité des forces produites par des circuits infiniment petits, et par des particules d'aimant; enfin sur un nouveau théorème relatif à l'action de ces particules, lu à l'Académie royale des Sciences dans sa séance du 21 novembre 1825, par M. Ampère. — *Correspondance mathématique et physique des Pays-Bas.* (*Collection de Mémoires*, t. III, p. 203-216).

Lettre de M. Ampère à M. Gherardi, sur divers phénomènes électrodynamiques. - *Annales de Chimie et de Physique*, 2e série, t. XXIX, p. 373. Les éclaircissements donnés sur la lettre actuelle n'ayant pas levé tous les doutes de son correspondant, Ampère se décida, sur de nouvelles objections, à écrire le *Mémoire sur l'action d'un courant voltaïque et d'un aimant*, qu'il adressa à Gherardi en même temps que la lettre qui forme le supplément de ce mémoire. (*Collection de Mémoires*, t. III, p. 217-223).

Mémoire sur l'action mutuelle d'un conducteur voltaïque et d'un aimant. — Ce mémoire présenté à l'Académie royale de Bruxelles, dans la séance du 26 octobre 1836, a été publié dans le tome IV des mémoires de cette société. Toute la seconde partie a été reproduite dans les *Annales de Chimie et de Physique*, 1828, t. XXXVII, p. 113; un tirage à part du texte des *Annales* a paru sous le titre : *Note sur l'action mutuelle d'un aimant et d'un conducteur voltaïque*, par Ampère, Paris, Bachelier, 1828. (*Collection de Mémoires*, t. III, p. 224-274).

Lettre à M. le Dr Gherardi, supplément au « Mémoire sur l'action mutuelle d'un conducteur voltaïque et d'un aimant ». — *Mémoires de l'Académie de Bruxelles*, 1827, t. IV, p. 77-88. Cette lettre a été envoyée à Gherardi au commencement de 1826. (*Collection de Mémoires*, t. III, p. 275-288).

Digitized by Google

Fête commémorative du Centenaire des Découvertes d'AMPÈRE

Digitized by Google

Digitized by Google

MANIFESTATION

en l'honneur

du Centenaire des Découvertes d'AMPÈRE

sous la Présidence

de Monsieur Alexandre Millerand

Président de la République française

Une séance solennelle a eu lieu le 24 novembre 1921, à 15 heures, dans le grand Amphithéâtre de la Sorbonne, sous la présidence de M. Alexandre Millerand, Président de la République française, assisté de :

MM. Léon Bérard, Ministre de l'Instruction publique et des Beaux-Arts.
Gabriel Guist'hau, Ministre de la Marine.
Lucien Dior, Ministre du Commerce.
Edmond Lefebvre du Prey, Ministre de l'Agriculture.
Yves Le Trocquer, Ministre des Travaux publics.
Louis Loucheur, Ministre de la Reconstitution des Régions libérées.
Paul Laffont, Sous-Secrétaire d'Etat des Postes, Télégraphes et Téléphones.
Gaston Vidal, Sous-Secrétaire d'Etat de l'Enseignement technique.

En vue de préparer cette manifestation, un comité de patronage s'était constitué sous les auspices de l'Académie des Sciences et des principaux groupements électriques français, tant scientifiques qu'industriels, et avait chargé un comité d'organisation d'établir le programme de la cérémonie.

Digitized by Google

COMITÉ DE PATRONAGE

M. Alexandre MILLERAND, Président de la République française.

Président.

Abraham, Henri, Vice-Président de la Société de Physique, Ancien Président de la Société française des Electriciens, Professeur à la Faculté des Sciences de Paris.

Adam, Charles, Membre de l'Institut, Recteur de l'Université de Nancy.

Alengry, Recteur de l'Université de Besançon.

Andoyer, Membre de l'Institut, Professeur à la Faculté des Sciences de Paris.

Appell, Paul, Membre de l'Institut, Recteur de l'Université de Paris.

Arbelot, Georges, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, Directeur des Forces hydrauliques et des Distributions d'énergie électrique au Ministère des Travaux publics.

d'Arsonval, Membre de l'Institut, Professeur au Collège de France.

Auvert, Ingénieur principal du matériel de la Compagnie des Chemins de fer Paris-Lyon-Méditerranée.

Baclé, Président de la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale.

Baillaud, B., Membre de l'Institut et du Bureau des Longitudes, Directeur de l'Observatoire de Paris.

Barbillion, Professeur à la Faculté des Sciences. Directeur de l'Institut polytechnique de Grenoble.

Bazard, Alfred, Directeur de l'Ecole nationale des Arts et Métiers de Cluny.

Beauvais, Joseph, Directeur de l'École nationale d'Arts et Métiers de Châlons-sur-Marne.

Bérard, Léon, Ministre de l'Instruction publique et des Beaux-Arts.

Bergonié, J.-A., Membre correspondant de l'Institut, Professeur à la Faculté de Médecine de Bordeaux.

Bethenod, Joseph, Ingénieur conseil.

Bigourdan, Guillaume, Membre de l'Institut.

Blondel, André, Membre de l'Institut, Président d'honneur de la Société française des Electriciens, Professeur à l'Ecole des Ponts et Chaussées.

Bochet, Directeur de l'École centrale des Arts et Manufactures.

Prince Roland Bonaparte, Membre de l'Institut.

Boulle, Président de l'Union des Voies ferrées d'intérêt local.

Boussinesq, Valentin, Membre de l'Institut, Professeur honoraire à la Faculté des Sciences de Paris.

Bouty, Membre de l'Institut, Professeur honoraire à la Faculté des Sciences de Paris.

Branly, Edouard, Membre de l'Institut.

Brassart, Aristide, Directeur de l'Ecole nationale d'Arts et Métiers d'Angers.

Brenot, Directeur technique de la Société française radiotechnique.

Breton, Jules-Louis, Membre de l'Institut, Directeur des Recherches scientifiques et industrielles et des Inventions, Ancien ministre.

Brillouin, M., Membre de l'Institut, Professeur au Collège de France.

Broca, Professeur à la Faculté de Médecine.

Broin, Emile, Directeur de l'Exploitation télégraphique, Paris.

Général Bunoust, Georges, Commandant de l'Ecole polytechnique.

Cahen, Henri, Président du Syndicat professionnel des Producteurs et Distributeurs d'Energie électrique.

Caire, César, Président du Conseil municipal de Paris.

Camichel, Professeur à la Faculté des Sciences, Directeur de l'Institut technique de Toulouse.

Caudrelier, Etienne, Ingénieur des Ponts et Chaussées, Répétiteur à l'Ecole polytechnique.

Causeret, Charles, Recteur de l'Académie de Clermont-Ferrand (P.-d.-D.).

Cavalier, Recteur de l'Académie de Toulouse

Chagnaud, Président de la Société des Ingénieurs civils de France.

Digitized by Google

Charpenay, Président de la Chambre de Commerce de Grenoble.

Charpy, Membre de l'Institut.

Chaumat, Henri, Professeur d'Electricité industrielle au Conservatoire des Arts et Métiers, Professeur à l'Ecole supérieure d'Electricité.

Chesneau, Directeur de l'Ecole nationale supérieure des Mines.

Chipart, Henri, Ingénieur en chef des Mines, Directeur de l'Ecole nationale des Mines de Saint-Etienne.

Claude, Georges, Ingénieur.

Cordier, Gabriel, Président d'honneur de l Union des Syndicats de l'Electricité, Président de l'Union des Industries métallurgiques et minières.

Corre, E., Directeur de l'Ecole nationale d'Arts et Métiers de Paris.

Cotton, Aimé, Professeur à la Faculté des Sciences de Paris.

Coville, Directeur de l'Enseignement supérieur.

Croiset, Maurice, Membre de l'Institut, Administrateur du Collège de France.

Mme Curie, Professeur à la Faculté des Sciences de Paris.

Darcy, Henri, Président de la Confédération générale de la Production française.

Dejean, Directeur de la Compagnie des Chemins de fer de l'Etat.

Delon, Jules, Président de la Section lyonnaise de l'Union des Syndicats des Ingénieurs français.

Dennery, Alfred, Inspecteur général des Postes et Télégraphes, Président du Comité technique des Postes et Télégraphes.

Dervillé, Président du Conseil d'Administration des Chemins de fer de Paris-Lyon-Méditerranée, Membre du Conseil d'Administration du Conservatoire national des Arts et Métiers.

Deslandres, Henri, Membre de l'Institut, Directeur de l'Observatoire d'Astronomie physique de Meudon.

Deutsch de la Meurthe, Membre du Conseil d'Administration du Conservatoire national des Arts et Métiers.

Dior, Lucien, Ministre du Commerce.

Drouin, Félix, Directeur des Services techniques de la Compagnie générale d'Electricité.

Dumas, François, Recteur de l'Académie de Grenoble.

Ernault, Henri, Président du Syndicat des Mécaniciens, Chaudronniers et Fondeurs de France.

Eydoux, Denis, Ingénieur des Ponts et Chaussées, Professeur à l'Ecole nationale des Ponts et Chaussées.

Fabry, Charles, Professeur à la Faculté des Sciences de Paris.

Général Ferrié, Gustave, Directeur de l'Etablissement central de Télégraphie militaire.

Fery, Charles, Professeur à l'Ecole de Physique et de Chimie.

Flaissières, Président du Conseil municipal de Marseille.

Fleurent, Professeur au Conservatoire national des Arts et Métiers, Membre du Conseil d'Administration du Conservatoire national des Arts et Métiers.

Fontaine, Arthur, Inspecteur général des Mines, Président du Conseil de réseau des Chemins de fer de l'Etat.

Foulcher, Président du Syndicat des Constructeurs de Matériel de chauffage électrique de France.

Gabelle, Directeur du Conservatoire national des Arts et Métiers.

Gérard-Varet, L., Recteur de l'Université de Rennes.

Girardeau, Emile, Administrateur directeur de la Société française radioélectrique.

Gomel, Président du Conseil d'Administration des Chemins de fer de l'Est.

Gouy, Georges-Louis, Membre de l'Institut, Professeur de Physique à la Faculté des Sciences de Lyon.

Comte Arnaud de Gramont. Membre de l'Institut.

Gratzmuller, Louis, Ingénieur en chef à la Société alsacienne de Constructions mécaniques, Vice-président de la Société française des Electriciens.

Grosselin, Joseph, Ingénieur civil des Mines, Ancien président de la Société française des Electriciens.

Guilbert, Cyrille-Fernand, Sous-Directeur de l'Ecole supérieure d'Electricité.

Guillaume, Ch.-Ed., Directeur du Bureau international des Poids et Mesures.

Guillebot de Nerville, Ingénieur en chef des Télégraphes, Professeur à l'Ecole nationale des Ponts et Chaussées.

Guillet, A., Maître de conférences à la Faculté des Sciences de Paris.

Digitized by Google

Guisth'au, Ministre de la Marine.

Gutton, Camille, Professeur à la Faculté des Sciences de Nancy.

Haller, Albin, Membre de l'Institut, Professeur à la Faculté des Sciences de Paris.

Hamy, Maurice, Membre de l'Institut, Membre du Bureau des longitudes.

Herriot, Député, Président du Conseil municipal de Lyon.

Hillairet, André, Ancien président de la Société française des Electriciens, Ancien président de la Société des Ingénieurs civils.

Hirtz, Eugène-Jules, Professeur au Val de Grâce, Médecin principal de 1re classe.

Imbs, E., Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, Directeur général de la Compagnie parisienne de Distribution d'Electricité.

Iung, Charles, Président du Syndicat des Fabricants de Fils et Câbles électriques.

Javary, Ingénieur en chef de l'Exploitation des Chemins de fer du Nord.

Joubin, Paul, Recteur de l'Académie de Lyon.

Jumau, Lucien-Jules, Ingénieur, Professeur à l'Ecole supérieure d'Electricité.

Kœnigs, Gabriel, Membre de l'Institut, Professeur à la Faculté des Sciences de Paris, Membre du Conseil d'Administration du Conservatoire des Arts et Métiers.

Labbé, Directeur de l'Enseignement technique.

de la Brosse, René, Inspecteur général des Ponts et Chaussées.

Lacroix, Secrétaire perpétuel de l'Académie des Sciences.

Laffont, Paul, Sous-secrétaire d'Etat des Postes, Télégraphes et Téléphones.

Lalou, Membre du Conseil municipal de Paris.

Lamotte, Professeur à la Faculté des Sciences de Toulouse.

Langevin, Paul, Professeur au Collège de France.

Lanson, Gustave, Directeur de l'Ecole normale supérieure.

Laporte, Frédéric, Sous-directeur du Laboratoire central d'Electricité.

Larnaude, André, Ingénieur des Arts et Manufactures, Ancien président de la Société française des Electriciens.

Latour, Marius, Ingénieur-conseil.

Laubeuf, Max-Alfred, Membre de l'Institut, Ancien ingénieur en chef de la Marine, Vice-président de la Société des Ingénieurs civils.

De Launay, Membre de l'Institut.

Laurain, Henri, Président de la Société de Production et de Distribution d'Energie.

Laurent, Ch., Ambassadeur de France, à Berlin.

Lauriol, Pierre, Inspecteur général honoraire des Ponts et Chaussées.

Leblanc, M., Membre de l'Institut, Ancien président de la Commission électrotechnique internationale.

Le Châtelier, Henry, Membre de l'Institut, Professeur à la Faculté des Sciences de Paris.

Lecornu, Léon, Membre de l'Institut, Professeur à l'Ecole polytechnique.

Lefebvre du Prey, Edouard, Ministre de l'Agriculture.

Le Grain, Toussaint, Inspecteur général des Ponts et Chaussées, Directeur de l'Ecole nationale des Ponts et Chaussées.

Legrand, Jean-Charles, Directeur de l'Ecole natoinale d'Arts et Métiers de Lille.

Lemoine, Georges, Président de l'Académie des Sciences, Professeur honoraire à l'Ecole polytechnique.

Lépine, Ingénieur des Arts et Manufactures, Administrateur délégué de la Société hydro-électrique de Fure et Morge et de Vizille.

Le Trocquer, Yves, Ministre des Travaux publics.

Level, Francis, Président de l'Union des Voies ferrées d'intérêt local et des Transports publics automobiles de France.

Lévy-Salvador, Paul, Inspecteur général au Ministère de l'Agriculture, Ingénieur des Constructions civiles.

Liénard, Alfred, Sous-directeur de l'Ecole nationale supérieure des Mines.

Locherer, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées.

Lorin, Maître de conférences à l'École centrale des Arts et Manufactures.

Loucheur, Louis, Ministre de la Reconstitution des Régions libérées.

Digitized by Google

Lumière, Louis, Membre de l'Institut.

Lyon, Georges, Recteur de l'Académie de Lille.

Mahieu, Albert, Secrétaire général du Ministère des Travaux publics.

Mange, Directeur de la Compagnie du chemin de fer d'Orléans.

de Marchena, Professeur à l'Ecole centrale des Arts et Manufactures.

Margot, Maurice, Directeur général de la Compagnie des Chemins de fer de Paris-Lyon-Méditerranée,

Mariage, Directeur général de la Compagnie des Transports en commun de la Région parisienne.

Marlio, Louis, Président de la Chambre syndicale des forces hydrauliques.

Masse, René, Président d'honneur du Syndicat professionnel et de la Chambre syndicale de l'Industrie du gaz en France, Membre de la Chambre de Commerce de Paris.

Mauduit, Professeur à la Faculté des Sciences de Nancy.

Maugas, Gabriel, Ingénieur général du Génie maritime.

Mazen, Natalis, Sous-directeur honoraire des chemins de fer de l'Etat, Ancien président de la Société française des Electriciens, Professeur à l'Ecole supérieure d'Électricité.

Menier, Gaston, Sénateur, Vice-président du Conseil d'Administration du Conservatoire national des Arts et Métiers.

Mesnager, Membre de l'Institut, Professeur à l'Ecole polytechnique.

Monmerqué, Arthur, Inspecteur général des Ponts et Chaussées, Président du Comité d'Electricité au Ministère des Travaux publics.

Moniez, Romain, Recteur de l'Académie de Caen.

Moureu, Charles, Membre de l'Institut, Professeur au Collège de France.

Padé, Henri-Eugène, Recteur de l'Académie de Dijon.

Painlevé, Ancien président du Conseil des Ministres, Membre de l'Institut, Président du Conseil d'Administration du Conservatoire national des Arts et Métiers.

Parodi, Chef des Services électriques du Matériel et de la Traction du chemin de fer d'Orléans.

Pascalis, Président de la Chambre de Commerce de Paris.

Paul, Directeur de la Compagnie des Chemins de fer du Midi.

Payen, Fernand, Avocat à la Cour d'Appel de Paris, Membre du Conseil de l'Ordre.

Payot, Jules, Recteur de l'Académie d'Aix-en-Provence.

Penet, N , Maire de Poleymieux.

Péridier, Julien, Vice-Président de la Société amicale des Ingénieurs de l'École supérieure d'Electricité.

Perot, Alfred, Professeur à l'Ecole polytechnique.

Perrin, Président d'honneur de la Société amicale des Ingénieurs de l'Ecole supérieure d'Electricité.

Petit, Paul, Doyen de la Faculté des Sciences de Nancy.

Picard, Emile, Secrétaire perpétuel de l'Académie des Sciences, Membre du Conseil d'Administration du Conservatoire des Arts et Métiers.

Picou, Victor, Ancien président de la Société française des Electriciens.

Pihier, Directeur des Services techniques du Ministère de la Reconstitution des Régions libérées.

Pineau, Léon, Recteur de l'Académie de Poitiers.

Pinot, Robert, Délégué général de la Chambre syndicale des Forces hydrauliques.

de Pistoye, Henri, Vice-président de la Société amicale des Ingénieurs de l'Ecole supérieure d'Electricité.

Pomey, Jean-Baptiste, Ingénieur en chef des Postes et Télégraphes, Répétiteur de Mécanique à l'Ecole polytechnique.

Postel-Vinay, Ancien président de la Société française des Electriciens.

Prangey, Henri, Secrétaire général de l'Office de Reconstitution industrielle.

Puiseux, Pierre, Membre de l'Institut.

Rateau, Auguste, Membre de l'Institut, Ingénieur au corps des Mines, Membre du Conseil d'Administration du Conservatoire des Arts et Métiers

Riboud, Paul, Directeur de la Compagnie des Chemins de fer de l'Est.

Ricard, Emile, Directeur de l'École nationale des Arts et Métiers d'Aix-en-Provence.

Richet, Charles, Membre de l'Institut.

Rigollot, Henri, Professeur à la Faculté des Sciences de Lyon.

Robineau, Gouverneur de la Banque de France.

Rolland d'Estape, Président du Syndicat professionnel de l'Industrie du gaz.

Digitized by Google

Baron Edouard de Rothschild, Président du Conseil d'Administration des Chemins de fer du Nord.

Sabatier, Paul, Membre de l'Institut.

Sailly, Paul, Président de la Chambre syndicale de la Porcelaine électrotechnique.

Schwarberg, Président du Syndicat professionnel des Industries électriques.

Swyngedauw, Directeur de l'Institut électrotechnique de Lille.

Sciama, Gaston, Ancien président de la Société française des Electriciens.

Général Sébert, Membre de l'Institut, Ancien président de la Société française des Electriciens.

Taillefer, André, Avocat à la Cour d'appel de Paris, Ancien élève de l'Ecole polytechnique.

Teissier, Georges, Membre de l'Institut, Président de la Compagnie des Chemins de fer du Midi.

Thamin, Raymond, Recteur de l'Académie de Bordeaux.

Turpain, Albert, Professeur à la Faculté des Sciences de Poitiers.

Vautier, Théodore, Professeur à la Faculté des Sciences de Lyon.

Vergé, Président du Conseil d'Administration du Chemin de fer d'Orléans.

Vessiot, Ernest, Sous-directeur de l'Ecole normale supérieure.

Vidal, Gaston, Sous-secrétaire d'État de l'Enseignement technique.

Vieille, Membre de l'Institut.

Villard, Membre de l'Institut.

Vincent, Daniel, Ministre du Travail.

Violle, J., Membre de l'Institut, Professeur de Physique au Conservatoire national des Arts et Métiers et Membre du Conseil, Ancien président de la Société française des Electriciens.

Vogt, Directeur de l'Institut électrotechnique et de Mécanique appliquée de la Faculté des Sciences de Nancy.

Weiss, Pierre, Directeur de l'Institut de Physique de l'Université de Strasbourg.

Witz, Aimé, Membre correspondant de l'Institut, Doyen honoraire de la Faculté libre des Sciences de Lille.

COMITÉ D'ORGANISATION

Berthelot, Daniel, Membre de l'Institut, ancien Président de la Société française des Electriciens, *Président.*

Boucherot, Paul, Président de l'Union des Syndicats des Ingénieurs français, ancien Président de la Société française des Electriciens, *Vice-Président.*

Legouez, Raynald, Président de l'Union des Syndicats de l'Electricité, Membre trésorier de la Chambre de commerce de Paris, *Vice-Président.*

Rey, Jean, Président de la Société française des Electriciens, *Vice-Président.*

Blondin, Joseph, Agrégé de l'Université, Professeur de Physique au Lycée Rollin, Directeur de la « Revue générale de l'Electricité ».

Brylinski, Emile, Président du Comité électrotechnique français, Ancien président de la Société française des Electriciens.

Janet, Paul, Membre de l'Institut, Président de la Société française de Physique, Directeur du Laboratoire central et de l'Ecole supérieure d'Electricité.

Labour, Edouard, Président du Syndicat professionnel des Ingénieurs électriciens français.

Cellerier, J.-Fernand, Directeur du laboratoire d'essais au Conservatoire national des Arts et Métiers, Président de la Société amicale des Ingénieurs de l'Ecole supérieure d'Electricité, *Secrétaire général.*

Blondin, Maurice, Secrétaire général de la « Revue générale de l'Electricité », *Secrétaire.*

Digitized by Google

Discours de M. Daniel BERTHELOT, Membre de l'Institut, Président du Comité d'Organisation du Centenaire des Découvertes d'Ampère.

Monsieur le Président de la République,

Messieurs les Ministres,

Mesdames, Messieurs,

Cent ans ont passé depuis l'année où, dans une série de mémoires restés fameux par leur hardiesse et leur perfection, le génie d'Ampère établissait la communauté de nature des phénomènes électriques et magnétiques.

Non seulement les progrès de la science, qui depuis un siècle ont brisé tant d'idoles, ont respecté les vues du prodigieux précurseur, mais la vertu créatrice de ses idées révolutionnaires n'est pas encore épuisée aujourd'hui. Plus en faveur que jamais, ses conceptions servent de guide aux recherches les plus modernes sur la constitution de la matière.

Son œuvre nous apparaît semblable à ces hauts sommets dont, à chaque tournant du chemin, on découvre des aspects imprévus.

Sa figure est de celles qui grandissent dans le recul des âges. Et comme à ceux qui cherchent la vérité le reste est parfois donné par surcroît, ce philosophe désintéressé, ce rêveur souvent chimérique, a mérité justement le titre de bienfaiteur de l'humanité. Des industries immenses, qui emploient des centaines de milliers d'ouvriers, qui mettent en jeu des milliards de capitaux, sont sorties de ses découvertes. L'électroaimant qui fut sa plus belle création expérimentale est aujourd'hui l'âme même et du télégraphe électrique dont il donna le principe, et du téléphone, et de ces innombrables machines qui, soit dans les ateliers ou les usines, soit sur les tramways et les chemins de fer, dispensent aux hommes l'énergie électrique.

Chez Ampère, l'homme était aussi bon que le savant était grand. Les tragiques épreuves qui marquèrent son adolescence de l'ineffaçable empreinte d'un

Digitized by Google

sceau sanglant, n'ébranlèrent ni sa foi au progrès, ni sa pitié pour les humbles, ni cet inextinguible amour de l'humanité qui le consuma, comme une flamme ardente, jusqu'à son dernier jour.

Avec le temps qui passe, les fils de son sang ont disparu : les fils de son esprit se lèvent chaque jour plus nombreux : il leur appartenait de reprendre comme un héritage sacré les devoirs de la famille éteinte.

Au mois de mai dernier, sur l'initiative de notre collègue M. Boucherot, les ingénieurs électriciens de France ont restauré au cimetière Montmartre la tombe que nulle main pieuse n'entretenait plus.

Au mois de juillet, dans le bourg de Poleymieux, au milieu du décor familier où il naquit et vécut, au pied des collines lyonnaises du Mont d'Or, on a dressé son image.

Les grands corps scientifiques et industriels de notre pays, l'Académie des Sciences, l'Union des Syndicats de l'Electricité, ont pensé qu'il ne fallait pas s'en tenir là, et qu'il serait d'un salutaire exemple pour tous, et particulièrement pour l'ardente jeunesse de nos écoles qu'il aimait tant et dont je vois sur ces gradins de si nombreux représentants, de rendre dans notre vieille et toujours jeune Sorbonne un hommage solennel à un des plus purs, un des plus glorieux enfants de notre France éternelle.

Soyez respectueusement remercié, Monsieur le Président de la République, pour avoir bien voulu nous faire le grand honneur d'accepter dès le premier jour la présidence de notre Comité de Patronage et de rehausser par votre présence l'éclat de cette cérémonie.

Qu'il me soit permis de remercier également MM. les Membres du Gouvernement et les hautes personnalités françaises ou étrangères réunies sur cette estrade, et particulièrement l'éminent Président de la Commission électrotechnique internationale, M. le Dr Mailloux, un fidèle ami de notre pays dans les bons jours et dans les jours d'épreuve, qui n'a pas craint de traverser l'Atlantique pour venir prendre la parole aujourd'hui devant vous.

Né près de Lyon en 1775, André-Marie Ampère étonna ceux qui l'entouraient par les manifestations de ce génie précoce dont les mathématiciens et les musiciens semblent avoir le privilège. A onze ans, il avait épuisé la bibliothèque paternelle ; à douze ans, il lisait Euler et Bernoulli dans le texte latin ; à quatorze ans il dévorait la grande Encyclopédie de Diderot et de d'Alembert, dont près d'un demi-siècle plus tard, grâce à sa prodigieuse mémoire, il récitait par cœur de longs passages ; à dix-huit ans, il possédait tout le calcul infinitésimal aussi bien qu'il devait jamais le savoir, il créait un dictionnaire et la grammaire d'une langue universelle, — qui ne fut jamais parlée que par lui seul, — il écrivait des poèmes, des épopées, des chansons, des tragédies, des madrigaux.....

La foudre à ce moment tomba près de lui. Victime des passions révolutionnaires, son père, ancien juge de paix à Lyon, fut guillotiné en 1793.

Digitized by Google

Le coup était trop rude pour un jeune homme de dix-huit ans. Son intelligence faillit tomber au gouffre de la folie ; durant un année entière, il resta hébété ; comme un enfant, il ne se plaisait plus qu'à écouter de la musique ou à cueillir des fleurs.

L'amour le sauva. Un jour qu'il herborisait dans un pré, il aperçut, au coucher du soleil, le long d'un ruisseau, une gracieuse jeune fille, Julie Carron. Alors commença une idylle dont Ampère a noté dans son journal intime les moindres détails avec une fraicheur naïve dont la littérature ne donnerait peut-être pas un second exemple.

Après trois ans d'attente, en 1799, ce Chérubin craintif, aux gros souliers et aux cheveux en broussaille, vit sa constance enfin récompensée ; il épousa sa Julie. Il goûta alors une année de bonheur, la seule, a-t-il dit plus tard, qu'il ait jamais eue dans sa vie. Un fils leur naquit, qui devait être l'historien Jean-Jacques Ampère. Presque aussitôt des soucis matériels gâtèrent sa félicité. Pour subvenir aux besoins de sa petite famille, il dut s'en séparer et accepter un poste de professeur à Bourg, à douze lieues de Lyon. Son rêve était d'y revenir comme professeur au lycée. Un livre qu'il publia sur le calcul des probabilités lui valut l'estime de Delambre et le poste souhaité. Mais il était déjà trop tard ; il trouva sa femme mourante de la poitrine. Trois mois après, le 13 juillet 1804, elle expirait.

Ampère s'enfonça dans le travail. Il y trouva la gloire. Pour lui, véritablement, elle ne fut que le deuil éclatant du bonheur.

Ses découvertes le rendirent célèbre dans le monde entier. Ses distractions ne sont pas restées moins légendaires. A l'Ecole Polytechnique, quand, avec la malice de leur âge, les élèves guettaient l'arrivée d'un visiteur hirsute, à la cravate dénouée, laissant sortir de sa poche en guise de mouchoir un torchon souillé de craie, ils savaient qu'ils avaient devant eux le grand Ampère.

Ses travaux sur l'intégration des équations aux dérivées partielles, sur la théorie mathématique du jeu, sur la structure moléculaire des gaz eussent suffi à la réputation de plusieurs savants. Ils furent éclipsés cependant par ses mémoires sur l'électromagnétisme et l'électrodynamique qu'il rédigea vers quarante-six ans.

Les honneurs vinrent à lui. Successivement il devint professeur à l'École Polytechnique, puis au Collège de France, inspecteur général de l'Université, membre de l'Académie des Sciences dans la section de géométrie,

Il s'adonna avec passion à la philosophie en compagnie de Maine de Biran et de ses amis de la Société d'Auteuil ; il prit part aux célèbres controverses de Cuvier et Geoffroy Saint-Hilaire ; il consacra le meilleur de son activité à un grand ouvrage sur la classification des Sciences. Il apportait à tout ce qu'il faisait la même ardeur enthousiaste ; pour lui le doute n'était pas le mol oreiller sur lequel s'endormait le scepticisme d'un Montaigne. « Le doute, écrivait-il dans une de ses lettres, est le plus grand des tourments que l'homme endure sur

Digitized by Google

la terre. » Ses amis Camille Jordan et Degerando avaient conservé un impérissable souvenir d'un soir où, ayant commencé à leur exposer le système du monde, il parla devant eux, sans que leur attention faiblît, treize heures de suite.

Ses dernières années furent troublées par des maladies et des malheurs de famille. Il mourut le 10 juin 1836, âgé de soixante et un ans, en tournée d'inspection, au collège de Marseille.

Entre tant de titres de gloire, l'explication du magnétisme et la création de l'électrodynamique sont les plus beaux. Ce sont ceux que nous célébrons aujourd'hui. Dans une expérience isolée d'Œrsted, Ampère sut trouver la clef d'un des mystères les plus cachés de la nature; il comprit et démontra que le magnétisme n'est que l'électricité en mouvement tourbillonnaire : le solénoïde, l'électroaimant dérivent de cette conception. Il fit voir que le magnétisme terrestre s'explique non par la présence de gigantesques dépôts de fer, comme on le croyait, mais par celle de courants telluriques circulant le long de l'équateur. Passant avec audace de l'infiniment grand à l'infiniment petit, il admit que les propriétés des barreaux aimantés eux-mêmes tiennent à des courants circulaires dans l'intérieur des atomes.

Les idées d'Ampère s'écartaient profondément des théories alors courantes en mécanique où l'on cherchait à tout ramener aux forces centrales newtoniennes entre points doués de masse. Au rebours des précédentes, les forces élémentaires d'Ampère naissent du mouvement et ne vérifient pas, sous sa forme ancienne, le principe de l'action et de la réaction.

La science doit beaucoup à l'étude de ces forces nouvelles, filles du mouvement. Elles paraissent appelées à nous donner l'explication de ces innombrables raies spectrales, langage secret des atomes, que les anciennes analogies tirées de l'élasticité ou de l'acoustique avaient été impuissantes à éclaircir et que nous commençons à peine à déchiffrer.

Ainsi les idées d'Ampère sont aussi jeunes qu'au jour de leur naissance; il fut vraiment l'un de ces inspirés qui voient dans l'avenir bien loin en avant des autres hommes.

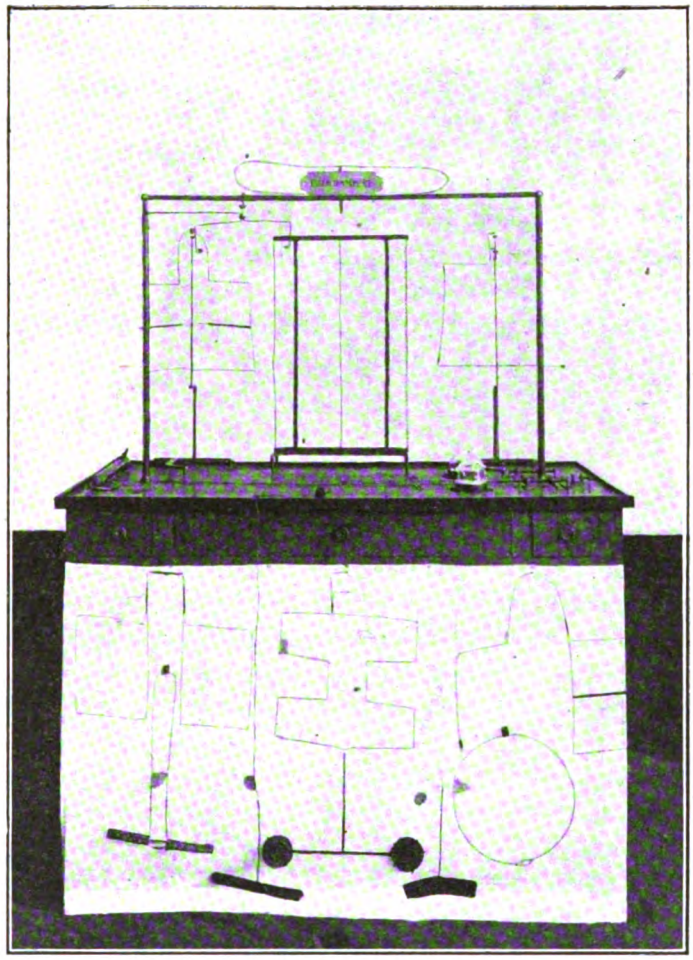
La lecture de ses mémoires est attachante. Ce ne sont point les cris de joie mystique ou d'orgueil délirant d'un Képler : « Que mon livre soit lu aujourd'hui ou dans cent ans, que m'importe? Dieu n'a-t-il pas attendu plus de six mille ans qu'un homme vînt, capable de pénétrer son œuvre? » Ce ne sont point non plus les fantastiques éclairs qui, du sein d'une nuit profonde, illuminent en traits de génie les obscurités, les erreurs mêmes d'un Faraday. C'est une clarté limpide comme celle d'un beau ciel étoilé.

Le Collège de France possède encore la table rudimentaire faite des propres mains d'Ampère, avec laquelle, dans son petit cabinet de la rue des Fossés-

Digitized by Google

Saint-Victor, il exécuta toutes ses expériences : instrument qu'eût pu construire un serrurier de village. Elle est là, devant vous. Voilà d'où est sortie une grande part de cette industrie moderne dont nous sommes si fiers.

Vers la même époque, Fresnel, différent d'Ampère, mais non moins grand,



La table et les appareils originaux, conservés au Laboratoire de Physique du Collège de France, avec lesquels A.-M. Ampère a démontré l'action exercée sur un courant électrique par un autre courant, le globe terrestre ou un aimant.

réalisait, avec le concours d'un armurier de province, les appareils les plus délicats de l'optique nouvelle.

Mémorables exemples de ce que, dans un domaine inconnu, un homme de génie peut faire avec de petits moyens ! Ces temps sont passés, dira-t-on. Est-ce bien sûr ? Qu'on me permette, d'en douter, à moi qui ai vécu dix années de ma lointaine jeunesse au cœur du vieux Muséum de Cuvier et de Chevreul, dans le

Digitized by Google

réduit obscur, au plancher carrelé, près de la hotte noircie où Henri Becquerel découvrit les premiers phénomènes de la radioactivité ; à moi qui, bien souvent depuis, ai monté les marches vermoulues du grenier où notre grand Branly inventa l'œil électrique capable de percevoir ces ondulations de la télégraphie sans fil pour lesquelles l'œil humain est aveugle.

Entre tous, l'exemple d'un Ampère nous montre que le génie d'un homme n'est pas une qualité abstraite, en marge de la vie, et que, dans des domaines différents, les mêmes dons d'amour passionné du vrai et du beau, d'ardeur concentrée, d'imagination créatrice, font l'artiste, le savant, le poète.

Les physiciens modernes ont donné le nom d'Ampère à une des grandeurs fondamentales de l'électricité. Aujourd'hui, à toute heure, dans le monde entier des milliers d'ingénieurs, de contremaîtres, de simples ouvriers en répètent les syllabes, sans avoir jamais entendu parler de l'homme. Ainsi, tandis que son corps périssable est tombé en poussière, son nom même s'est dépouillé de son sens éphémère, et est retourné au patrimoine commun de l'humanité. Pour un serviteur de la Science, qui, par son essence même, est œuvre collective et impersonnelle, c'est la consécration suprême.

Digitized by Google

Discours de M. P. APPELL
Membre de l'Institut,
Recteur de l'Université de Paris.

Monsieur le Président de la République,

Messieurs les Ministres,

Mesdames, Messieurs,

Parmi les gloires scientifiques de la France, si belles et si nombreuses, Ampère figure au premier rang. L'Université de Paris, dont le but principal est la recherche scientifique et l'initiation des jeunes générations aux méthodes de travail pouvant conduire à des découvertes, est heureuse de s'associer solennellement à l'hommage public rendu au grand Ampère. Elle s'enorgueillit d'ailleurs de ce fait qu'Ampère lui a appartenu, par un à côté il est vrai, comme suppléant dans la chaire d'Astronomie en 1820.

On a dit avec raison que la civilisation moderne, en ce qu'elle a de matériel et de pratique, est scientifique et même électrique : communications, transports, éclairage, force motrice, tout est électrique ou du moins transmis et transformé par l'intermédiaire de l'électricité. C'est Ampère qui est le grand génie créateur d'où est sorti ce monde nouveau dont nous voyons seulement la genèse ; par un retour fatal, les découvertes d'Ampère auront un retentissement social immense : elles aboutiront à une transformation morale de l'humanité entière, car, lorsque les agents naturels, les glaciers, les chutes d'eau, les fleuves, les vents, les marées auront été employés à faire marcher les machines de l'industrie et de l'agriculture, à faire circuler les trains et les tramways, à éclairer et à chauffer les usines et les habitations, les hommes, partiellement soustraits au labeur incessant nécessité par la vie matérielle de chaque jour, pourront réfléchir, regarder le ciel, penser à leurs devoirs d'êtres humains et sociaux. L'œuvre admirable d'Ampère, l'histoire de ses découvertes et de leur développement, a été rappelée et décrite par de plus compétents que moi. Je pourrai peut-être apporter

Digitized by Google

ici une note personnelle en cherchant à caractériser l'œuvre d'Ampère comme mathématicien.

Le point essentiel est qu'Ampère a toujours considéré les mathématiques comme un instrument : il a toujours recherché leur utilisation en vue de ses recherches physiques; il n'a jamais songé aux développements mathématiques pour eux-mêmes; il s'est attaqué à des problèmes qui étaient posés par les faits, dont la solution existait certainement, mais ne pouvait être obtenue avec précision que par les méthodes mathématiques. L'exemple le plus complet de cette tournure d'esprit nous est fourni par la fameuse formule dite d'Ampère et de Stokes, qui transforme une intégrale double étendue à une surface courbe en une intégrale simple étendue au contour. Ampère, ayant besoin de cette transformation pour faire l'assimilation d'un feuillet magnétique à un courant électrique circulant sur le bord du feuillet, a établi la formule pour ce cas particulier et s'est ensuite déclaré satisfait. Mais la formule est plus générale du point de vue mathématique abstrait, comme l'a montré l'Anglais Stokes, en la donnant dans sa généralité, par une méthode que les calculs mêmes d'Ampère permettaient de prévoir.

Cette préoccupation se manifeste dans toutes les recherches d'Ampère en mathématiques. Son œuvre dans ce domaine peut être résumée sous trois grands chapitres :

I. — Les recherches relatives au calcul des probabilités, aux invariants différentiels, à la mécanique, à la réfraction, à l'électrodynamique.

II. — Les recherches relatives aux équations aux dérivées partielles, recherches aujourd'hui classiques, formant un chapitre de première importance dans l'analyse moderne.

III. — Enfin les ouvrages d'enseignement, dans lesquels apparaît à chaque page la tendance du physicien.

Si certains peuples ont autrefois employé des procédés de réclame pour exalter leurs savants aux dépens de ceux des autres nations, et s'ils ont placé le rendement au-dessus de la vérité, ils ont, du point de vue scientifique, employé une mauvaise méthode, dont ils aperçoivent aujourd'hui la faillite. Il est utile que notre pays, épris de vérité et d'humanité, fête avec éclat les hommes tels qu'Ampère, qui ont créé tout un monde nouveau dans le domaine scientifique, qui ont fait éclore une ère nouvelle dans le développement de l'Humanité et dont le rayonnement constitue une part essentielle de la haute situation de la France dans le monde.

Digitized by Google

Discours de M. MAILLOUX, Président de la Commission électrotechnique internationale.

MONSIEUR LE PRÉSIDENT DE LA RÉPUBLIQUE,

MESSIEURS LES MINISTRES,

MESDAMES, MESSIEURS,

Je commence par remercier le Comité des Fêtes commémoratives du Centenaire d'Ampère de l'honneur insigne qu'il m'a fait de m'inviter à venir prendre part à cette manifestation solennelle en l'honneur du fondateur vénéré de la belle et profonde science de l'électrodynamique. Cette manifestation a pour but de faire, au bout d'un siècle, l'inventaire ou le décompte des progrès, dans la science, dans l'industrie et dans la civilisation, qui ont découlé des recherches et des découvertes incomparables d'Ampère et, en même temps, de lui en témoigner la reconnaissance qui lui est due.

Je savais bien qu'il y a en France beaucoup de personnes plus douées et mieux qualifiées que moi pour faire l'éloge des hauts faits scientifiques d'Ampère et pour proclamer les bienfaits dont la science et la civilisation lui sont devenues redevables, mais je sais gré au Comité de m'avoir ménagé une place dans cette manifestion, car, étant reconnu que le nom et la science d'Ampère appartiennent aujourd'hui au monde entier, tous les pays civilisés peuvent revendiquer l'honneur et doivent se faire un devoir de prendre part à cette cérémonie. En ma qualité de Président de la Commission électrotechnique internationale, j'ai l'honneur de représenter plus de vingt pays qui connaissent ce nom et cette science ; et, à ce titre, je symbolise en quelque sorte l'universalité du respect et de l'honneur dus au grand génie d'Ampère. Les nations qui n'auront pas pu prendre part officiellement à cette manifestation en l'honneur d'Ampère me sauront gré, j'en suis bien sûr, de les avoir représentées aujourd'hui pour saluer et glorifier le génie d'Ampère de leur part. A ce propos, je suis bien content que le

Digitized by Google

Comité m'ait accordé le privilège de parler *après*, plutôt *qu'avant* les cinq Français qui m'ont précédé, car cela me procure l'occasion de pouvoir vous dire, moi qui ai fait une étude assez étendue de la vie et des travaux d'Ampère, à l'occasion du discours d'éloges que j'eus l'honneur de prononcer à la célébration du même centenaire qui eut lieu en Amérique il y a un an, que toutes les appréciations, tous les tributs de louanges que vous venez d'entendre, au lieu de dépasser la mesure de la vérité, sont bien loin de l'avoir remplie. En effet, les mérites d'Ampère sont si nombreux et si grands que ce serait une tâche bien délicate pour un Français de rendre à Ampère tout ce qui appartient à Ampère, sans donner à croire à l'étranger que le patriotisme de l'orateur l'ait porté à l'exagération, tandis que, moi, venu de l'étranger, je suis libre de toutes restrictions sous ce rapport.

J'ai accepté l'invitation du Comité avec l'intention de parler au nom de toutes les sciences, de tous les arts et de toutes les industries qui sont tributaires des principes que les recherches d'Ampère et ses talents merveilleux de physicien et de mathématicien ont mis à la disposition de la science pour leur avantage et leur avancement. Cette déclaration, je l'avoue, définit un programme bien ambitieux qui exige, pour être rempli d'une façon complète, des talents beaucoup supérieurs aux miens. C'est pourquoi, je me recommande, dès le début, à votre indulgence et je vous prie de me pardonner d'avance pour les lacunes et les fautes nombreuses que vous aurez sans doute occasion de noter à divers endroits dans mon discours. Les lacunes seront dues à l'embarras du choix et à l'impossibilité de faire mention, dans le cours d'une seule séance, d'une multitude de choses intéressantes et édifiantes, que l'on rencontre dans l'étude d'une carrière tellement remplie de traits saillants et d'incidents notables que celle d'Ampère. Les fautes seront dues à la pauvreté de mes facultés d'appréciation et à mon manque de facilité d'expression. Mon espoir, cependant, est de mériter votre indulgence, en vous laissant voir, au moins, si je ne réussis pas à vous la communiquer, mon admiration enthousiaste pour Ampère et ses beaux travaux : car je vous avoue, dès le commencement, que l'étude de la vie et des œuvres de ce grand homme, et des commentaires suscités par ses recherches et ses écrits chez les grands savants qui l'on suivi jusqu'à nos jours, a fait de moi un admirateur convaincu et zélé. C'est vous dire que mon esprit est bien sympatique et très favorablement disposé sur le sujet de mon discours.

Le lieu où nous sommes réunis pour célébrer Ampère et ses travaux est très approprié à la circonstance. La Sorbonne : ce nom a symbolisé depuis des siècles, dans toute l'Europe, d'abord, et dans le reste du monde, ensuite, la perfection de l'instruction et de l'enseignement supérieurs dans les Belles-Lettres et les Sciences ; c'est un temple où le feu sacré de l'esprit, de la culture et du développement de l'esprit humain n'a jamais cessé de brûler depuis qu'il y fût allumé au Moyen Age. C'est bien dans ce temple qu'il fallait venir pour célébrer et glorifier Ampère qui, avant de devenir célèbre par ses recherches, était déjà,

Digitized by Google

depuis longtemps, illustre dans l'enseignement supérieur, où il avait atteint le sommet de la distinction, non seulement par l'excellence de ses cours et de ses leçons, mais par ses études profondes et systématiques de la psychologie, de la science et de l'art de l'enseignement. C'est à Ampère que nous devons le mot *pédagogique* qui sert à désigner cette science et cet art, dont il fut le parrain et auxquels il consacra, en grande partie, les dernières années de sa vie. Son nom et sa renommée auraient donc droit d'asile dans ce tabernacle même si Ampère, de son vivant, n'y avait pas été un des éloquents prédicateurs.

J'ai cru devoir endosser, pour cette circonstance, un habit cérémonial (celui de docteur ès sciences) typifiant l'enseignement supérieur de la science, d'une part, par respect pour le temple et pour le professeur distingué que fut Ampère, et, d'autre part, parce que je suis spécialement chargé par des institutions américaines d'enseignement supérieur, de les représenter ici et de vous transmettre officiellement leurs salutations, leurs félicitations et leur désir de prendre part en esprit à cette cérémonie en l'honneur d'Ampère.

Monsieur le Président Berthelot, j'ai le grand honneur et le plaisir de vous remettre un certain nombre d'adresses. Je regrette de n'avoir pas eu le temps d'en réunir une plus ample collection, ce qui eût été bien facile, du reste; mais je crois que celles que je vous apporte ici suffiront pour vous donner une idée du retentissement du nom d'Ampère dans toute l'Amérique.

Monsieur le Président Berthelot, je suis très heureux de vous remettre les originaux de ces documents qui, comme vous le verrez, ont été calligraphiés et quelques-uns même, enluminés.

Au moment même d'arriver à cette cérémonie, j'ai reçu un télégramme de la ville d'Ampère, aux Etats-Unis, qui a tenu à envoyer ses salutations au Comité du Centenaire des Découvertes d'Ampère.

La vie d'Ampère.

Nous allons, d'abord, repérer rapidement dans leur ordre chronologique, les principales époques de la vie d'Ampère. Né à Poleymieux, près de Lyon, le 22 janvier 1775 et mort à Marseille le 10 juin 1836, Ampère a vécu un peu plus de 61 ans. Il avait 14 ans quand la Révolution française éclata, en 1789; il avait 18 ans quand son père, juge de paix à Lyon, fut mis à mort par la Révolution, en 1793, parce qu'il avait trop le sentiment de la justice, trop de piété pour l'innocence et qu'il avait voulu mettre un frein aux excès des partisans de la Révolution. Il avait 21 ans, en 1796, lorsqu'il fit la connaissance de Mlle Julie Carron et 24 ans, en 1799, lorsqu'il l'épousa. A l'âge de 26 ans, en 1801, il devint professeur de Chimie et de Physique à Bourg. Il avait 27 ans, en 1802, quand son mémoire sur la théorie mathématique du jeu fut publié. Il avait 29 ans,

Digitized by Google

en 1804, quand sa femme mourut. Dans la même année, il devenait professeur de Mathématiques au Lycée de Lyon. Peu de temps après, il entrait à l'Ecole Polytechnique à Paris à la queue du corps d'enseignement des mathématiques; et en 1809, à 34 ans, il y atteignait le plus haut poste, celui de professeur d'Analyse mathématique et de Mécanique. En 1814, à l'âge de 39 ans, il devenait membre de l'Institut. En 1819, à 44 ans, il devenait professeur de Philosophie à la Faculté des Lettres. En 1820, à 45 ans, il faisait sa grande découverte et commençait les recherches qui devaient l'immortaliser. De 1820 à 1828, il publiait une série de mémoires et d'articles et de traités sur ses recherches et théories d'électrodynamique et sur divers autres sujets chimiques, physiques, mécaniques et mathématiques. En 1824, à 49 ans, il devenait professeur de Physique générale et expérimentale au Collège de France.

L'étude détaillée de ces différentes époques de la vie d'Ampère est pleine d'intérêt, ainsi que l'on peut voir par les réflexions et les commentaires d'Arago, de Littré, de Sainte-Beuve et du fils d'Ampère. On voit poindre de bonne heure cette faim de toutes les connaissances, cette soif de boire à toutes les sources intellectuelles, qui avaient fait d'Ampère, encore petit garçon, un lecteur omnivore; on y voit le présage et la préparation de l'homme omniscient, du génie universel, du grand savant, du grand penseur, qu'il était destiné à devenir à son âge mûr.

Ce qui frappe dans la vie d'Ampère, c'est la diversité, la généralité et la profondeur de ses connaissances, de ses aptitudes et de ses talents. On reconnait en lui un génie capable de tout, parce qu'il est doué de toutes les qualités dont l'esprit humain a besoin pour se frayer un passage à travers la vie et pour arriver au sommet de la distinction par n'importe quelle route que le hasard lui aurait montrée. On admire l'une après l'autre, chez Ampère, ces belles qualités : imagination, fécondité d'idées, perspicacité, application, énergie, ténacité; précision, justesse de jugement, sympathie, tendresse, bonté, simplicité, générosité et probité, en un mot toutes les forces du cerveau le plus instruit, jointes à celles du cœur le plus tendre et le plus affectueux.

Ampère, s'il n'avait pas suivi la route qui l'a conduit à l'immortalité comme physicien, comme philosophe, comme grand maître de l'enseignement supérieur, aurait pu se faire un grand nom comme historien, linguiste, philologue, lexicographe, critique, littérateur ou poète. Tout le monde est d'accord pour reconnaître que la grande œuvre d'Ampère est celle de la science fondée par lui sur ses expériences et ses recherches, science qu'il baptisa du nom d'*électrodynamique*, mais qui, maintenant, porte le plus souvent le nom d'*électromagnétisme*. C'est cette œuvre, immortelle par la permanence et la stabilité des principes utilisés par Ampère, qui a rendu son nom immortel et qui constitue un monument impérissable à sa mémoire.

C'est cette œuvre, constituant un patrimoine mondial légué par Ampère à la science en perpétuité, qui lui a donné une célébrité mondiale. C'est sur ce point

Digitized by Google

culminant de la carrière d'Ampère, c'est sur ce chef-d'œuvre de sa vie, qu'Arago attirait l'attention de son auditoire, dans son discours d'éloges d'Ampère, en disant :

« On dira un jour les lois d'Ampère, comme on dit les lois de Képler ».

« Les quatre états d'équilibre à l'aide desquels Ampère a débrouillé les phénomènes s'appelleront les lois d'Ampère comme on donne le nom de lois de Képler aux trois grandes conséquences que ce génie supérieur déduisit des phénomènes de Tycho ».

Cette citation nous conduit à des considérations importantes. Le mérite d'avoir formulé des lois d'équilibre électrodynamique, qui sont pour ainsi dire éternelles, serait bien grand, même si le seul hasard avait mis Ampère sur la bonne voie et lui avait montré du doigt ce trésor que la nature avait jusqu'alors tenu caché. L'impression qu'il en fût ainsi existe en France même et elle est encore plus répandue à l'étranger. Pourtant Littré avait déclaré qu'Ampère n'a rien dû au hasard et qu'il n'a trouvé que ce qu'il a cherché. Or, le plus grand mérite d'Ampère, ce qui donne la mesure la plus adéquate et complète de l'étendue et de la portée de ses connaissances et qui démontre le mieux la force de son génie, comme physicien et comme mathématicien, fût précisément d'avoir choisi, sans hésitatton, la bonne voie, et d'être allé au devant des découvertes, non pas simplement par pressentiment, comme le dit Littré, mais tout droit, sans tâtonnement, avec la certitude que la méthode de recherche, d'interprétation et de formulation des résultats qu'il adoptait, ne pouvait pas manquer de lui révéler les relations dynamiques fondamentales que ses connaissances de la physique et de la mécanique lui permettaient de prévoir au premier abord.

Pour revendiquer et pour assurer à la mémoire d'Ampère toute la part de mérite à laquelle il a droit, il y a lieu d'insister sur certains points;

1° Que l'apprentissage et les travaux en physique et en mathématiques faits par Ampère, durant 30 ans avant le moment psychologique où son génie se révéla avec tant d'éclat, avaient développé ses talents et ses connaissances à un degré de perfection qui l'avaient préparé et qualifié tout spécialement pour l'occasion, et peut-être mieux que nul autre savant de son temps;

2° Que la logique d'Ampère et les raisons qui déterminèrent son choix de méthode de recherche restent encore inattaquables;

3° Que la méthode choisie par Ampère, la meilleure qui fût, il y a cent ans, serait encore la meilleure, de nos jours, pour le même cas et pour les mêmes raisons que celles données par Ampère;

4° Que la prédiction d'Arago s'est bien réalisée et que l'héritage dont la science a bénéficié par l'œuvre d'Ampère, loin de diminuer, a augmenté en valeur dans le cours d'un siècle.

Nous allons passer rapidement en revue ces divers points.

Digitized by Google

L'éducation d'Ampère.

Le père d'Ampère fut son premier et seul précepteur. Aucune école n'a contribué à son instruction. Il s'est instruit lui-même. Il avait un goût inné pour la lecture et pour l'étude qui se rencontre bien rarement chez les enfants, et qui, chez ceux qui en sont doués, remplace la discipline et les programmes de l'école, sans mettre de limite à la rapidité d'avancement de l'élève. Nous verrons par l'extrait suivant de la biographie d'Ampère, à quel point la liberté d'action que son père lui laissait était justifiée :

« Aussitôt qu'il sut lire, il se jeta sur les livres avec avidité, dévorant tout ce qui lui tombait sous la main. Son père avait commencé à lui enseigner le latin; mais, apercevant en lui une aptitude particulière pour les mathématiques, il ajourna l'étude du latin et laissa l'enfant libre de suivre sa voie, ne s'occupant que de lui fournir les livres nécessaires; si bien qu'à onze ans le jeune Ampère avait déjà dépassé les mathématiques élémentaires et étudié l'application de l'algèbre à la géométrie. Quand il fallut aller plus loin, les livres manquaient dans la modeste bibliothèque paternelle; on se rendit à Lyon afin de se les procurer, et l'abbé Daburon, depuis inspecteur général et collègue de son ancien élève, alors bibliothécaire du Collège de Lyon, vit chez lui M. Ampère, conduisant par la main un petit bonhomme de douze ans, qui débuta en lui demandant, d'une voix enfantine, de vouloir bien lui prêter les ouvrages d'Euler et de Bernoulli. M. Daburon se récria, ces livres étant au nombre des plus difficiles que l'intelligence humaine ait produits.

» J'espère néanmoins être en état de les comprendre, répliqua l'enfant. — Vous savez sans doute qu'ils sont écrits en latin, dit le bibliothécaire, et que c'est le calcul différentiel qu'on y emploie. » Ici le jeune Ampère fut arrêté; il ne savait pas le latin, et il n'avait pas encore étudié le calcul différentiel, mais cet obstacle fut bientôt franchi. Quelques leçons de M. Daburon le mirent sur la voie du calcul différentiel et, aidé par son père, il apprit lestement à expliquer Virgile, afin de pouvoir lire Bernoulli. A dix-huit ans, il étudiait la mécanique analytique de Lagrange, dont il avait, dit M. Sainte-Beuve, refait tous les calculs, et il a répété souvent qu'il savait alors autant de mathématiques qu'il n'en a jamais su ».

Tout en faisant ainsi de lui-même un mathématicien de premier ordre, Ampère n'avait pas négligé de nourrir son esprit et développer son intelligence par d'autre études. Les livres « dévorés » avec avidité par lui, traitaient de l'histoire, des voyages, de la littérature, de la poésie, de la philosophie, des sciences naturelles, en somme, de presque toute la gamme des connaissances de l'époque. Abattu complètement par la mort tragique de son père en 1793, il resta près d'un an dans un état complet d'affaissement intellectuel et de défaillance morale. Son âme meurtrie se remit peu à peu cependant, grâce à la distraction qui lui fût apportée

Digitized by Google

par des lettres sur la botanique. L'étude de la botanique, après l'avoir passionné assez longtemps pour réveiller son esprit, céda la place à l'étude des poètes classiques. Cette époque de la vie d'Ampère, de 1793 à 1796, fût celle où il complèta son éducation générale au point de vue ornementation et imagination. Il se mit à faire de la poésie. A partir de 1796, il commença sa carrière dans l'enseignement en donnant des leçons privées de chimie, de physique et de langues classiques, à Lyon, En 1891, il devint professeur de Physique et de Chimie à Bourg.

Quatre ans plus tard, en 1805, une place lui est faite à l'Ecole Polytechnique, comme résultat d'un travail mathématique qui démontrait ses talents de mathématicien. Au bout de quatre ans, en 1809, Ampère devenait professeur d'Analyse et de Mécanique. Il était enfin au sommet.

On voit qu'en 1820, au moment où il devait commencer l'œuvre magistrale de sa vie, Ampère avait eu 24 ans d'expérience dans l'enseignement de la physique et des mathématiques et qu'il était, depuis onze ans, à la tête de l'enseignement mathématique dans l'école qui jouissait alors, comme elle jouit encore, du reste, d'une réputation mondiale, comme école de mathématiques supérieures et de mathématique physique. A l'âge mûr de 45 ans, avec l'éducation et l'entraînement extraordinaires en physique et en mathématique que nous venons de noter, peut-il y avoir de doute qu'Ampère était, de tous les physiciens et de tous les mathématiciens de l'époque, le mieux formé, le plus à la hauteur pour la tâche qui lui était réservée? Je crois que nous aurons raison de répondre *non*. Cela dit, nous pouvons ajouter la formule C.Q.F.D.

La méthode d'Ampère.

La méthode de déduction et de formulation de résultats d'expériences et d'applications de principes, choisie par Ampère, fait, par elle même, le plus grand honneur à son génie; elle a fait époque et a servi de modèle dans la mathématique physique. Cette méthode est basée sur la philosophie de Newton, comme Ampère lui-même l'a avoué franchement, dans son ouvrage sur la « Théorie des phénomènes électrodynamiques ». Cet ouvrage commence, en effet, par un tribut fervent d'hommage à Newton : Ampère dit :

« L'époque que les travaux de Newton ont marquée dans l'histoire des sciences n'est pas seulement celle la plus importante des découvertes que l'homme ait faites sur les causes des grands phénomènes de la nature : c'est aussi l'époque où l'esprit humain s'est ouvert une nouvelle route dans les sciences qui ont pour objet l'étude de ces phénomènes. »

Ampère explique ensuite les avantages, pour ses recherches, de la méthode de Newton. Il le fait d'une manière qui présente un intérêt tout spécial de nos jours; parce qu'il nous dit pourquoi et comment il adopta et suivit jusqu'au bout

Digitized by Google

la méthode de Newton comme guide. Il nous fait voir clairement pourquoi, dans sa recherche des *lois* des phénomènes électromagnétiques déduites de ses expériences, il ne se laisse jamais distraire et embrouiller par des spéculations ou des hypothèses concernant les *causes* de ces phénomènes. Ampère dit :

« Jusqu'alors on en avait presque exclusivement cherché les causes dans l'impulsion d'un fluide inconnu qui entraînait les particules matérielles suivant la direction de ses propres particules ; et partout où l'on voyait un mouvement révolutif, on imaginait un tourbillon dans le même sens.

» Newton nous a appris que cette sorte de mouvement doit, comme tous ceux que nous offre la nature, être ramenée, par le calcul, à des forces agissant toujours entre deux particules matérielles suivant la droite qui les joint, de manière que l'action exercée par l'une d'elles sur l'autre soit égale et opposée à celle que cette dernière exerce en même temps sur la première, et qu'il ne puisse par conséquent, lorsqu'on suppose ces deux particules liées invariablement entre elles, résulter aucun mouvement de leur action mutuelle. C'est cette loi, confirmée par toutes les observations, par tous les calculs, qu'il exprima dans le dernier des trois axiomes qu'il plaça au commencement des *Philosophiae naturalis principia mathematica*. Mais il ne suffisait pas de s'être élevé à cette haute conception, il fallait trouver suivant quelle loi ces forces varient avec la situation respective des particules entre lesquelles elles s'exercent, ou, ce qui revient au même, en exprimer la valeur par une formule.

» Newton fut loin de penser qu'une telle loi pût être inventée en partant de considérations abstraites plus ou moins plausibles.

» Il établit qu'elle devait être déduite des faits observés, ou plutôt, de ces lois empiriques qui, comme celles de Képler, ne sont que les résultats généralisés d'un grand nombre d'observations particulières.

» Observer d'abord les faits, en varier les circonstances autant qu'il est possible, accompagner ce premier travail de mesures précises pour en conclure les lois générales uniquement fondées sur l'expérience, et déduire des lois ainsi obtenues, indépendamment de toute hypothèse sur la nature des forces qui produisent les phénomènes, la valeur mathématique de ces forces, c'est à dire la formule qui les représente, telle est la marche qu'a suivie Newton.

» Elle a été, en général, adoptée par les savants auxquels la physique doit les immenses progrès qu'elle a faits dans ces derniers temps, et c'est elle qui m'a servi de guide dans toutes mes recherches sur les phénomènes électrodynamiques. J'ai consulté uniquement l'expérience pour établir les loi de ces phénomènes, et j'en ai déduit la formule qui peut seule représenter les forces auxquelles ils sont dus ; je n'ai fait aucune recherche sur la cause même qu'on peut assigner à ces forces, bien convaincu que toute recherche de ce genre doit être précédée de la connaissance purement expérimentale des lois, et de la détermination, uniquement déduite de ces lois, de la valeur des forces élémentaires dont la direction est nécessairement celle de la droite menée par des points

Digitized by Google

matériels entre lesquels elles s'exercent. C'est pour cela que j'ai évité de parler des idées que je pouvais avoir sur la nature de la cause de celles qui émanent des conducteurs voltaïques.....

» Il ne paraît pas que cette marche, la seule qui puisse conduire à des résultats indépendants de toute hypothèse, soit préférée par les physiciens du reste de l'Europe, comme elle l'est par les Français; et le savant illustre qui a vu le premier les pôles d'un aimant transportés par l'action d'un fil conducteur dans des directions perpendiculaires à celles de ce fil, en a conclu que la matière électrique tournait autour de lui, et poussait ces pôles dans le sens de son mouvement, précisément comme Descartes faisait tourner la matière de ses tourbillons dans le sens des révolutions planétaires. Guidé par les principes de la philosophie newtonienne, j'ai ramené le phénomène observé par M. Œrsted, comme on l'a fait à l'égard de tous ceux du même genre que nous offre la nature, à des forces agissant toujours suivant la droite qui joint les deux particules entre lesquelles elles s'exercent; et si j'ai établi que la même disposition ou le même mouvement de l'électricité qui existe dans le fil conducteur a lieu aussi autour des particules des aimants ce n'est certainement pas pour les faire agir par impulsion à la manière d'un tourbillon, mais pour calculer, d'après ma formule, les forces qui en résultent entre ces particules et celles d'un conducteur ou d'un autre aimant, suivant les droites qui joignent deux à deux les particules dont on considère l'action mutuelle, et pour montrer que les résultats du calcul sont complètement vérifiés..... »

J'emprunte au discours d'éloges d'Ampère prononcé par moi-même, il y a un an, au village d'Ampère, en Amérique, les commentaires que je fis alors sur ces citations :

« Ces extraits des explications d'Ampère, à propos du choix des méthodes d'investigation, fait par lui, présentent autant d'intérêt aujourd'hui qu'il y a cent ans parce qu'ils expriment des principes qui ont, depuis lors, été reconnus comme étant fondamentaux dans toutes les branches de la dynamique. Le raisonnement d'Ampère est encore plus applaudi du physicien d'aujourd'hui qu'il ne le fût des contemporains d'Ampère, parce que le temps a fourni des indications qui ne pouvaient être obtenues que plus tard, concernant la logique de ce raisonnement, la validité et la permanence des lois qu'Ampère avait réussi à établir parce qu'il avait choisi la vraie voie et adopté la vraie méthode, en s'inspirant de Newton plutôt que de tout autre philosophe ». La discussion complète, que nous ne pouvons pas reproduire ici, faute de temps et d'espace, révèle un esprit doué d'une acuité, d'une pénétration et d'une perspicacité remarquables. Cette discussion laisse voir qu'Ampère devait avoir fait une étude compréhensive des connaissances scientifiques de son époque; qu'il avait appris parfaitement l'art de peser et d'assortir les idées et qu'il avait un sens des valeurs relatives qui ne perdait jamais de vue les faits basiques et les principes fondamentaux. La méthode d'Ampère fut le résultat non pas d'une divination heureuse, mais de

Digitized by Google

l'étude sérieuse et des délibérations mûres d'un esprit du premier ordre de son époque. Pour comprendre et apprécier pleinement à quel point son intelligence était préparée pour les travaux qu'il entreprenait, il suffit de noter qu'Ampère avait, avant 1820, atteint un haut degré de distinction comme philosophe et comme maître de l'art de classer les faits intellectuels.

» Dans sa préface de son « Essai sur la philosophie des Sciences », il dit qu'il a professé des cours à la Faculté des Lettres à Paris, de 1819 à 1820, dans lesquels il a développé ses idées sur une classification générale des faits intellectuels. Il était tellement rempli de ce travail, qu'il avait dressé un *tableau psychologique* donnant les principaux résultats de ses études sur cette question et qu'il l'avait fait imprimer pour en distribuer des exemplaires à quelques amis, se réservant de discuter plus tard ces hautes questions dans un traité spécial. Ce fût précisément à ce moment vraiment psychologique dans la vie d'Ampère que son esprit fût distrait et orienté dans une tout autre direction par la découverte d'Œrsted ».

Ampère dit :

« ..... mais alors la découverte que fit Œrsted de l'action qu'exerce sur un aimant un fil métallique où l'on fait passer un courant électrique, m'ayant conduit à celle de l'action mutuelle que deux de ces fils exercent l'un sur l'autre, me força d'abandonner le travail psychologique dont je viens de parler, pour me livrer tout entier aux expériences et aux calculs que j'ai publiés sur cette action mutuelle ».

Nous avons ici une indication précieuse du fait qu'Ampère, depuis longtemps éminent en physique et en mathématique, s'était également fait distinguer en philosophie. On voit aussi à quel degré de plénitude et de perfection son esprit était « outillé » pour le travail qui allait lui tomber dans les mains. Ampère lui-même a donné le nom de *mathématique physique* à cette branche de la physique générale dans laquelle il était un des adeptes les plus érudits de son temps et où ses coups d'essais furent des coups de maître.

C'est à cette merveilleuse combinaison du physicien, du mathématicien et du philosophe qu'Ampère devait la lucidité et la profondeur de ses vues, l'habilité et la netteté de ses démonstrations.

Notons que les déductions des lois électrodynamiques ont toutes été faites par Ampère à l'aide d'équations différentielles exprimant des rapports entre des parties infiniment petites de circuits électriques ou d'aimants. Ampère dit :

« .....: je cherchai à exprimer par une formule la valeur de la force attractive ou répulsive de deux de leurs éléments, ou parties infiniment petites, afin de pouvoir en déduire, par les méthodes connues d'intégration, l'action qui a lieu entre deux portions de conducteurs données de forme et de situation. » L'impossibilité de soumettre directement à l'expérience des portions infiniment petites du circuit voltaïque oblige nécessairement à partir d'observations faites sur des fils conducteurs de grandeur finie et il faut satisfaire à ces deux con-

Digitized by Google

ditions, que les observations soient susceptibles d'une grande précision et qu'elles soient propres à déterminer la valeur de l'action mutuelle de deux portions infiniment petites de ces fils ».

Je traduis de mon précédent discours les commentaires suivants :

» Nous voyons que l'essence de la méthode de Newton consistait à isoler, pour ainsi dire, une partie microscopique d'un élément infiniment petit du champ ou du siège d'action du phénomène d'attraction ou de répulsion électrodynamique, et d'y concentrer son attention, dans le but de pouvoir, à l'aide de l'analyse mathématique, spécifier et sommer les caractéristiques fondamentales et généralisées du phénomène en ce point. Ainsi que nous l'avons vu, Ampère décida de suivre les principes de la philosophie de Newton et de referer le phénomène d'Œrsted à des forces agissant suivant la droite qui joint les particules soumises à ces forces.

» En prenant ainsi Newton comme guide, Ampère se rendait compte parfaitement que, de même que, d'une part, l'équation différentielle exprimant la force de l'attraction due à la gravitation entre deux masses discrètes ou entre deux particules infinitésimales, peut, par un procédé de sommation ou d'intégration, s'appliquer à des groupes, des séries ou des assemblages de telles masses, de formes ou de grandeurs quelconques, non seulement dans le système solaire mais dans tout l'univers, d'autre part, d'une manière semblable, l'équation différentielle exprimant la force d'attraction ou de répulsion dans le cas d'un système électrodynamique élémentaire où infiniment petit, était susceptible d'être appliquée, par un procédé semblable de sommation ou d'intégration, à des groupes, des séries ou des assemblages de tels systèmes élémentaires représentant des actions ou des réactions électrodynamiques d'un caractère quelconque, soit simples, soit compliquées, de n'importe quel ordre de grandeur dans l'univers. La méthode d'Ampère était donc précisément celle qui donnait le plus de généralité et la plus grande applicabilité aux déductions obtenues par lui et nous devons applaudir la méthode en admirant l'excellence du travail qu'elle a produit.

» Les travaux superbes d'Ampère, ainsi que nous le verrons par la suite, ont créé de nouvaux précédents dans les méthodes de recherches.

» Il n'y a pas de doute qu'ils ont exercé une grande influence sur ceux qui sont venus après lui. Ainsi, il est très intéressant de noter que l'admiration et le respect de Maxwell pour les travaux de Faraday, dont il fut manifestement l'apôtre, ne l'ont pas empêché de ressentir et d'exprimer la plus grande admiration et le plus grand respect pour les idées, les déductions et les méthodes d'Ampère.

» L'étude des travaux d'Ampère démontre qu'il combinait à un degré remarquable l'aptitude de Faraday, pour l'expérimentation scientifique et la recherche en physique, avec les talents de Maxwell pour l'analyse mathéma-

Digitized by Google

tique. Ses connaissances mathématiques lui ont permis de découvrir des relations, des corrollaires, des conséquences, que l'expérience toute seule n'eut pu mettre à découvert que par un procédé long et fatigant; il développa une théorie mathématique qui expliquait tous les phénomènes magnétiques et électromagnétiques observés avant lui et qui, en outre, prédisait de nouveaux phénomènes et pouvait définir leurs caractéristiques ».

Ici, je m'arrête un instant pour applaudir aux paroles prononcées tout à l'heure par M. Appell, l'éminent recteur de l'Université de Paris. Ayant lu, avec beaucoup d'attention, les travaux et mémoires d'Ampère, j'ai pu apprécier, à sa juste valeur, la remarque de M. Appell à propos des talents d'Ampère, et surtout du fait qu'il était mathématicien et qu'il s'est servi des mathématiques comme instrument de mathématique physique.

Je voudrais aussi répondre, d'un mot, à mon cher collègue M. Boucherot qui, tout à l'heure, exprimait le regret d'être obligé de dire que les puissances des machines électriques construites ici n'étaient peut-être pas aussi grandes que celles qu'on fait ailleurs. Je me suis dit en l'entendant : « Ah! console-toi, mon cher ami, parce que, lorsqu'il s'agit de la puissance intellectuelle, les Français sont les plus grands au monde! »

Après lui avoir dit ces mots, qui, je l'espère, lui feront plaisir, je me permettrai de le gronder d'avoir fait usage d'un mot que nous voudrions voir disparaître à jamais, même de la langue anglaise, le mot « standardisation ». Comme représentant de la Commission électrotechnique internationale, qui est un organe préconisateur, de la 'standa... pardon, de la « normalisation », je tiens tout particulièrement à insister : je regrette qu'un Ministère, ici, se soit permis d'introduire dans le nom d'une commission le mot « standardisation ». J'espère qu'on y renoncera, et qu'on mettra un bon mot français à la place de ce mot illégitime, même en anglais.

Un des grands mérites d'Ampère est d'avoir, comme Fourier, son compatriote et contemporain, imaginé une méthode d'investigation des phénomènes physiques qui s'accorde avec des faits et des théories qui n'étaient pas connus, dont, en vérité, personne n'avait le moindre soupçon à son époque. Ceci lui donne droit, comme à Fourier, à un rang très élevé dans la vieille garde de la mathématique physique.

Il pouvait voir clairement ce qui est permanent et ce qui est éphémère dans les recherches en physique. A cause de son désir de donner à ses travaux un caractère et une valeur permanentes, il ne se permit jamais, comme il le dit lui-même, de perdre de vue les expériences et les faits physiques qui servaient de base à ses déductions, même aux prix de devoir, ainsi, renoncer, volontairement, à des recherches et à des spéculations très intéressantes concernant les forces dont il a étudié et formulé l'action.

Les explications d'Ampère, déjà citées, indiquant qu'il s'en était référé aux expériences seulement pour établir les lois des phénomènes électromagnétiques,

Digitized by Google

et qu'il avait ainsi déduit la formule qui, seule, peut représenter les forces, quelle que soit la cause de ces forces, constituaient une déclaration de grande importance pour la physique. Son importance, toutefois, se trouvait beaucoup accentuée en étant supplémentée par cette autre déclaration d'Ampère que les lois déduites de cette manière sont, en même temps, *indépendantes des hypothèses utilisées pour leur déduction,* et qu'elles restent indépendantes même des hypothèses qui peuvent leur être appliquées n'importe quand, par la suite. Nous avons ici, comme un incident des recherches d'Ampère, un sous-produit de sa philosophie qui, à lui seul, constitue un titre de gloire pour le nom d'Ampère, parce qu'il définit une des doctrines de l'évangile de la physique mathématique.

Cette révélation vaut la peine d'être citée. Ampère dit :

« Le principal avantage des formules qui sont ainsi connues immédiatement de quelques faits généraux donnés par un nombre suffisant d'observations pour que la certitude n'en puisse être contestée, est de rester indépendantes, tant des hypothèses dont leurs auteurs ont pu s'aider dans la recherche de ces formules, que de celles qui peuvent leur être substituées dans la suite. L'expression de l'attraction universelle déduite des lois de Képler ne dépend point des hypothèses que quelques auteurs ont essayé de faire sur une cause mécanique qu'ils voulaient lui assigner. La théorie de la chaleur repose réellement sur des faits généraux donnés immédiatement par l'observation; et l'équation déduite de ces faits, se trouvant confirmée par l'accord des résultats qu'on en tire et de ceux que donne l'expérience, doit être également reçue comme les vraies lois de la propagation de la chaleur, et par ceux qui l'attribuent à un rayonnement de molécules calorifiques, et par ceux qui recourent, pour expliquer le même phénomène, aux vibrations d'un fluide répandu dans l'espace; seulement, il faut que les premiers montrent comment l'équation dont il s'agit résulte de leur manière de voir et que les seconds la déduisent des formules générales des mouvements vibratoires; non pour rien ajouter à la certitude de cette équation, mais pour que leurs hypothèses respectives puissent subsister. Le physicien qui n'a point pris de parti à cet égard admet cette équation comme la représentation exacte des faits, sans s'inquiéter de la manière dont elle peut résulter de l'une ou de l'autre des explications dont nous parlons; et si de nouveaux phénomènes et de nouveaux calculs viennent à démontrer que les effets de la chaleur ne peuvent réellement être expliqués que dans le système des vibrations, le grand physicien qui a, le premier, donné cette équation et qui a créé, pour l'appliquer à l'objet de ses recherches, de nouveaux moyens d'intégration, n'en serait pas moins l'auteur de la théorie mathématique de la chaleur, comme Newton est celui de la théorie des mouvements planétaires, quoique cette dernière ne fut pas aussi complètement démontrée par ses travaux qu'elle l'a été depuis par ceux de ses successeurs.

» Il en est de même de la formule par laquelle j'ai représenté l'action électrodynamique. Quelle que soit la cause physique à laquelle on veuille rapporter

Digitized by Google

les phénomènes produits par cette action, la formule que j'ai obtenue restera toujours l'expression des faits. Si l'on parvient à la déduire d'une des considérations par lesquelles on a expliqué tant d'autres phénomènes, telles que les attractions en raison inverse du carré de la distance, celles qui deviennent insensibles à toute distance appréciable des particules entre lesquelles elles s'exercent, les vibrations d'un fluide répandu dans l'espace, etc..., on fera un pas de plus dans cette partie de la physique; mais cette recherche, dont je ne me suis point encore occupé, quoique j'en reconnaisse toute l'importance, ne changera rien aux résultats de mon travail, puisque, pour s'accorder avec les faits, il faudra toujours que l'hypothèse adoptée s'accorde avec la formule qui les représente si complètement ».

L'opinion d'Ampère, que la mutabilité des hypothèses concernant la nature des actions dynamiques et des forces qui en sont la cause n'a et ne peut avoir aucun effet sur la validité des lois déduites pour exprimer l'action de ces forces de la manière indiquée par lui, est confirmée par un des grands maîtres de la physique mathématique et de la philosophie, Henri Poincaré, le censeur de l'hypothèse. Dans la « Science et l'Hypothèse », à propos des différences entre la théorie de la lumière de Fresnel et celle de Maxwell, on trouve des commentaires qu'il serait facile, *mutatis mutandis*, d'appliquer aux recherches d'Ampère. Poincaré dit :

« Nulle théorie ne semblait plus solide que celle de Fresnel qui attribuait la lumière aux mouvements de l'éther. Cependant, on lui préfère maintenant celle de Maxwell. Cela veut-il dire que l'œuvre de Fresnel a été vaine? Non, car *le but de Fresnel n'était pas de savoir s'il y a réellement un éther, s'il est ou non formé d'atomes, si ces atomes se meuvent réellement dans tel ou tel sens; c'était de prévoir les phénomènes optiques.*

» Or, cela, la théorie de Fresnel le permet toujours aujourd'hui aussi bien qu'avant Maxwell. Les équations différentielles sont toujours vraies; on peut toujours les intégrer par les mêmes procédés et les résultats de cette intégration conservent toujours toute leur valeur ».

Et qu'on ne dise pas que nous réduisons ainsi les théories physiques au rôle de simple recettes pratiques; ces équations expriment des rapports et, si les équations restent vraies, c'est que ces rapports conservent leur réalité. Poincaré a donné, dans le même ouvrage, une preuve directe de la vérité de la doctrine que les lois d'Ampère sont indépendantes des hypothèses. Il dit :

« Ampère a institué son immortel ouvrage « Théorie des phénomènes électrodynamiques, *uniquement* fondée sur l'expérience ». Il s'imaginait donc qu'il n'avait fait aucune hypothèse; il en avait fait pourtant, nous ne tarderons pas à le voir; seulement, il les avait faites sans s'en apercevoir.

» Ceux qui vinrent après lui les aperçurent, au contraire, parce que leur attention fut attirée par les points faibles de la solution d'Ampère. Il firent des hypothèses nouvelles auxquelles ils eurent, cette fois, pleine confiance; mais combien

Digitized by Google

de fois il fallut en changer avant d'arriver au système classique d'aujourd'hui qui n'est peut être pas encore définitif; c'est ce que nous allons voir ».

Or, Poincaré critique la *théorie* d'Ampère, d'une façon, du reste, qui n'est pas antipathique; mais il admet, comme tout le monde, la validité des lois d'Ampère. A propos de l'action d'un courant fermé sur une portion de courant, Poincaré parle d'une autre hypothèse qui, dit-il, peut sembler assez naturelle et qu'Ampère a *faite sans s'en apercevoir*; il ajoute :

« .....: néanmoins *elle ne s'impose pas*; puisque nous verrons plus tard que Helmholtz l'a rejetée. Quoi qu'il en soit, elle permit à Ampère, bien qu'il n'ait pu jamais réaliser un courant ouvert, d'énoncer les lois de l'action d'un courant fermé sur un courant ouvert, ou même sur un élément de courant.

» Les lois restent simples : ..... »

Et encore plus loin, à propos de l'action mutuelle de deux courants ouverts, nous lisons :

« Ce qui est remarquable, c'est qu'ici encore Ampère fait ces deux hypothèse sans s'en apercevoir.

» Quoi qu'il en soit, ces deux hypothèses, jointes aux expériences sur les courants fermés, suffisent pour déterminer complètement la loi de l'action mutuelle de deux éléments ».

La plus grande autorité philosophique de notre époque sur la valeur et le rôle des hypothèses ayant ainsi démontré que même les hypothèses faites sans le savoir n'ont pas fait de mal aux lois d'Ampère, nous pouvons rester tranquilles. En effet, puisque la doctrine d'Ampère restait vraie malgré les erreurs de son auteur, c'est bien le cas de dire qu'elle est plus solide qu'il ne l'avait lui-même supposé. Après cela, on peut bien se dispenser d'aller plus loin pour démontrer la vérité des deuxième et troisième points sur lesquels nous avons cru devoir insister. Le quatrième point se trouve démontré par les témoignages sans nombre que les physiciens ont exprimés à toutes les époques depuis Maxwell jusqu'à nos jours. Il y en a assez long pour remplir un beau volume, lequel constituerait, par lui-même, un excellent tribut d'hommage au génie d'Ampère.

Dans ce qui précède, mon objectif principal a été de mettre en relief cette partie de la science, de la philosophie, du génie et des travaux d'Ampère, pour laquelle le monde de la science, surtout celui de la science électrique, lui a décerné le grand prix de l'immortalité. J'aurais bien désiré, en poursuivant la route que je m'étais tracée, vous parler, à propos des recherches d'Ampère, comme je l'ai fait dans le discours que j'ai prononcé en Amérique, il y a un an, des circonstances et des détails qui nous font admirer son génie tout le temps que nous restons en sa présence, à cause de la diversité et de la beauté de ses talents. On admire la pureté et la richesse de sa diction qui ne sent pas du tout le pédantisme parce que son style est si simple, si naturel, et laisse si bien voir qu'il ne parle pas simplement pour faire de belles phrases, mais pour transmettre des idées de la manière la plus directe et précise possible.

Digitized by Google

On admire ses talents merveilleux en linguistique, en étymologie, en lexicographie, qui lui permettent de fabriquer, sur place et pour l'occasion, le mot technique qu'il lui faut pour rendre exactement une idée, lorsque le dictionnaire ne le contient pas déjà. C'est ainsi qu'il a enrichi la terminologie technique de mots comme *solénoïde*, *galvanomètre*, *astatique*, etc... qui sont autant de sous-produits de son génie fertile.

En admirant l'œuvre du génie, il ne faut pas oublier la beauté et l'excellence de la méthode de mesure des actions électrodynamiques, employée par Ampère, qui, en elle-même est un vrai tour de force. Pour en apprécier toute la valeur et tout le mérite, il faut se rappeler que les expériences d'Ampère durent être faites avec des appareils imaginés et improvisés avec une rapidité étonnante. Ampère n'avait aucun appareil de mesure électrique, pour la bonne raison que ses appareils ne pouvaient pas être combinés sans l'aide des principes mêmes que ses expériences et ses déductions devaient mettre à la disposition de la science électrique. Du reste, toute la science des mesures électriques a été un produit des découvertes d'Ampère et des principes formulés par lui. L'électrodynamomètre de Weber et les balances de Kelvin sont manifestement des variantes des circuits suspendus d'Ampère. Ampère lui-même *inventa*, pour ses expériences, une méthode de mesure de la plus grande précision qui a fait époque et qui est maintenant employée partout. Voyons ce qu'en dit Maxwell.

« Les expériences fondamentales d'Ampère sont toutes des exemples de ce que l'on a appelé la méthode nulle de comparaison des forces. Au lieu de mesurer la force par un effet dynamique, en communiquant son mouvement à un corps, ou par la méthode statique, en la mettant en équilibre avec le poids d'un corps, ou avec l'élasticité d'une fibre, on s'arrange, dans la méthode nulle, pour que les deux forces dues à la même source agissent simultanément sur un corps déjà en équilibre, et aucun effet n'est produit, ce qui indique que les forces elles-mêmes sont en équilibre. Cette méthode a une valeur exceptionnelle pour la comparaison des effets d'un courant électrique passant à travers des circuits de formes différentes. En reliant tous les conducteurs en une série continue, nous sommes sûrs que l'intensité du courant est la même dans toutes les parties du circuit et, puisque le courant s'établit presque au même instant dans tout le circuit, on peut démontrer que les forces dues à l'action de ce courant sur un corps suspendu sont en équilibre, en notant que ce corps n'est pas du tout dérangé par la fermeture ou l'ouverture du circuit ».

Cette méthode était bien, en effet, idéale pour les recherches d'Ampère, car il lui fallait des indications non seulement *qualitatives*, mais en même temps *quantitatives*, et de grande précision, au sujet des actions électrodynamiques observées par lui, et c'était la seule méthode capable de les lui fournir, à cette époque. Les applications qui ont été faites du principe de cette méthode, par la suite, sont nombreuses : on les trouve dans tous les laboratoires de mesures élec-

Digitized by Google

triques ; et peu de ceux qui en font usage savent que le mérite de la découverte du principe de la méthode revient à Ampère.

La Théorie du Magnétisme et de l'Electromagnétisme d'Ampère.

A coté du chef-d'œuvre de recherches expérimentales et d'analyse mathématique représenté dans la genèse des lois d'Ampère, il est une autre création de son génie qui, après avoir traversé des périodes critiques et subi des épreuves sévères, semble enfin avoir été acceptée par le monde de la physique mathématique. Il s'agit de sa théorie du magnétisme et de l'électromagnétisme. Cette théorie présente un exemple intéressant de fluctuations de valeurs, à diverses époques. dans le cours d'un siècle. Condamnée à mort à plusieurs reprises par des juges de haute éminence dans la science et la philosophie, elle est arrivée, de nos jours, à occuper la toute première place dans le monde de la physique mathématique.

Faute de temps, il ne m'est possible de donner ici qu'une ébauche des circonstances qui ont, dans la seconde partie du siècle écoulé depuis Ampère, ramené le monde de la physique mathématique à reconnaitre les mérites, non seulement de cette théorie, mais aussi de la méthode scientifique même par laquelle il a établi cette théorie féconde.

On sait que la théorie d'Ampère basée sur l'hypothèse de courants circulant dans des circuits moléculaires fermés, ramenait le magnétisme et l'électromagnétisme à des cas particuliers de phénomènes électrodynamiques.

Cette théorie avait deux particularités caractéristiques :
Elle était *moléculaire* et elle était *cinétique*. Ampère parle souvent de molécules magnétiques et de courants électriques circulant dans des *molécules*, courants hypothétiques auxquels on a donné le nom de *courants ampériens*. Ampère ne fait pas usage du mot *cinétique*, qui n'était pas encore connu, et qu'il aurait bien pu inventer lui-même, mais sa conception des courants ampériens, qui est la base fondamentale de sa théorie du magnétisme, indique bien qu'il considérait le phénomène comme étant tout à fait de caractère cinétique. L'expression « électrodynamique » employée par Ampère fut remplacée par l'expression « électrocinétique », après que les idées des physiciens furent devenues plus claires, à la suite des travaux de Maxwell et d'autres mathématiciens physiciens éminents de cette époque. Maxwell ne laissa plus de doute sur le caractère cinétique de la théorie du magnétisme d'Ampère quand il déclara, dans son ouvrge célèbre, qu'il se trouvait obligé d'avouer que l'idée que le magnétisme est une manifestation de l'énergie *potentielle* n'est pas tenable et qu'il faut l'abandonner en faveur de la théorie *cinétique* ; après quoi il préconisa franchement la théorie

Digitized by Google

d'Ampère « parce que c'était la seule théorie *cinétique* du magnétisme qui lui était connue. » Cette déclaration a une importance historique et scientifique du plus haut intérêt, en cette circonstance, comme appréciation d'un des plus distingués successeurs d'Ampère dans la physique mathématique de l'électricité et du magnétisme. Elle vaut la peine d'être citée : (Maxwell, t. II, page 225, paragraphe 638).

« Dans nos investigations des phénomènes magnétiques, dans la troisième partie de ce traité, nous n'avons fait aucun effort pour expliquer l'action magnétique à distance, ayant considéré cette action comme un fait fondamental de l'expérience. Nous avons donc présumé que l'énergie d'un système magnétique est de l'énergie potentielle et que cette énergie est *diminuée* lorsque les parties du système cèdent aux forces magnétiques qui agissent sur elles.

» Si, cependant, nous considérons les propriétés des aimants comme étant dues à des courants électriques circulant dans leurs molécules, l'énergie des aimants est cinétique, et la force agissant entre eux est telle qu'elle tend à les pousser dans une direction qui occasionne une *augmentation* d'énergie, lorsque les intensités des courants restent constantes.

» Cette manière d'expliquer le magnétisme nous force aussi à abandonner la méthode suivie dans la troisième partie de cet ouvrage, d'après laquelle nous considérons l'aimant comme étant un corps continu et homogène, dont la partie la plus petite possède des propriétés magnétiques de la même sorte que tout l'aimant.

» Nous devons, maintenant, considérer un aimant comme contenant un nombre fini, quoique très grand, de circuits électriques, de sorte qu'il a une structure moléculaire au lieu d'une structure continue.

» Si nous supposons que notre mécanisme mathématique est tellement grossier que notre ligne d'intégration ne peut pas enfiler un circuit moléculaire, et qu'un nombre immense de molécules magnétiques est contenu dans notre élément de volume, nous arriverons encore à des résultats semblables à ceux donnés dans la troisième partie de cet ouvrage; mais si nous supposons que notre mécanisme est beaucoup plus délicat et qu'il est capable de prendre note de tout ce qui se passe à l'intérieur des molécules, nous devons alors abandonner la vieille théorie du magnétisme et adopter celle d'Ampère, qui n'admet pas d'aimants autres que ceux qui consistent en courants électriques.

» Nous devons considérer non seulement l'énergie magnétique, mais l'énergie électromagnétique comme étant cinétique, et il faut, en conséquence, lui attribuer le signe convenable, suivant l'article 635.

» Dans ce qui suit, — bien que nous fassions, de temps en temps, des efforts pour retenir la vieille théorie du magnétisme comme, par exemple, dans l'article 639, etc. — nous trouverons que nous obtiendrons un système parfaitement consistant seulement lorsque nous abandonnons cette théorie et que nous adoptons la théorie des courants moléculaires d'Ampère, suivant l'article 644 ».

Digitized by Google

Depuis Maxwell, d'autres théories, notamment celles de Weber et d'Ewing, ont occupé l'attention des physiciens et ont cherché à prendre la place de la théorie d'Ampère, mais sans beaucoup de succès. Un éminent physicien anglais, Shelford Bidwell, dans l'article sur le *magnétisme*, rédigé par lui pour la onzième édition de l'« Encyclopedia Britanica » (1910 et 1911) dit : (*Encyclopedia Britanica*, t. XVII, p. 350) :

« Le fait étant établi que le magnétisme est essentiellement un phénomène moléculaire, il s'agit alors de savoir quelle est la constitution d'une molécule magnétique et pourquoi certaines molécules sont ferromagnétiques, d'autres paramagnétiques, et encore d'autres diamagnétiques. La mieux connue des explications proposées est basée sur l'action magnétique d'un courant électrique. On peut démontrer que si un courant i circule dans un petit circuit plan ayant une surface S, l'action magnétique du circuit pour les points distants est équivalente à celle d'un aimant court dont l'axe est perpendiculaire au plan du circuit et dont le moment est iS, la direction d'aimantation étant, par rapport au courant circulant dans le circuit, la même que celle de l'enfoncement d'une vis par rapport à sa rotation à droite. Le ferromagnétisme a été expliqué par Ampère par l'hypothèse que la magnétisation de la molécule est due à un courant qui circule constamment dans la molécule. La théorie qui est maintenant la plus en faveur n'est qu'un développement de l'hypothèse d'Ampère et elle s'applique non seulement au ferromagnétisme mais au paramagnétisme également ».

Ampère n'avait pas négligé de déclarer que sa théorie du magnétisme est tout à fait indépendante des causes de ses courants hypothétiques. Il dit :

« Nous n'examinerons pas ici les causes que l'on peut supposer naturellement devoir produire dans le globe et dans les aimants les courants auxquels nous venons d'être conduits; quelles qu'elles soient, les considérations qui nous ont fait admettre l'existence de ces courants prouvent qu'ils agissent précisément comme ceux des fils conducteurs, dont nous avons déjà reconnu, par l'expérience, la manière d'agir les uns sur les autres; nous allons montrer maintenant comment on en peut déduire l'explication de tous les faits précédemment connus et de ceux que les mêmes considérations ont conduit à découvrir ».

Si l'on cherche, maintenant, à s'expliquer les refus, plus ou moins obstinés, de la part des contemporains et successeurs d'Ampère, à accepter sa théorie du magnétisme, on n'y voit plus guère autre chose que du scepticisme scientifique. On doutait de la réalité des courants ampériens. Leur existence comme phénomènes physiques réels ne semblait pas plausible; elle semblait, au contraire, plutôt improbable, et l'absence de démonstration ou d'évidence de caractère expérimental, sur ce point, tendait plutôt à augmenter qu'à diminuer les doutes et l'incrédulité. Un seul savant contemporain, Fourier, fut sympathique pour l'hypothèse des courants ampériens; ses travaux immortels sur la théorie de la chaleur lui avaient, du reste, fait approfondir la théorie des actions cinétiques

Digitized by Google

dans les molécules. Mais, plus tard, à l'époque de Maxwell, beaucoup de progrès avaient été réalisés dans le développement de l'emploi scientifique de l'imagination, et l'on comprenait beaucoup mieux le rôle et la portée des hypothèses et des théories. Maxwell lui-même avait donné un exemple frappant de ce progrès dans la voie imaginative en créant tout un monde de « démons » sous-atomiques et moléculaires, dont l'existence physique était encore bien plus difficile à démontrer que l'existence des courants ampériens; en effet, ces derniers étaient des créatures de caractéristiques et d'attributions très simples en comparaison avec les démons de Maxwell, dont les capacités n'étaient rien de moins que magiques, sous les rapports de l'étendue et du degré. Depuis l'époque de Maxwell, la science a appris à employer l'imagination d'une façon qui eût ébloui une personne ayant même sa grande puissance d'imagination. La théorie des électrons, avec ses systèmes planétaires sous-atomiques, ses masses cinétiques qui ne sont pas du tout, ou du moins qui ne sont, tout au plus, qu'en partie, des masses *matérielles* dans le sens que l'entend et le comprend la mécanique, a porté notre imagination, et même notre crédulité, à s'emballer à tel point, disons-le franchement, que le physicien qui refusait, au XIXe siècle, de gober une portion de la taille d'une mouche, intellectuellement parlant, n'hésite plus à avaler un chameau et même un gros, et sans crainte d'indigestion, au XXe siècle.

La belle conception d'Ampère a fini par percer, par triompher, et, au bout d'un siècle, elle se trouve encore à la mode. Ce n'était pas la faute d'Ampère ou de sa théorie : c'est tout simplement qu'ils étaient, tous les deux, en avance sur leur époque.

De nos jours, personne n'a plus de doute sur la validité de la théorie d'Ampère; en effet, on peut dire que tout le monde trouve maintenant naturel de considérer le magnétisme comme étant un phénomène en même temps moléculaire et cinétique. Certains physiciens d'aujourd'hui parlent bien d'électrons en mouvement au lieu des courants moléculaires d'Ampère; mais ils n'ont rien fait de plus que de mettre un costume du XXe siècle à l'idée du XIXe siècle. Cette idée est restée, en substance et au fond, la même; et cette substance, ce fond, c'est à Ampère que nous le devons, et à personne d'autre.

N'oublions pas cela, et ne permettons pas qu'on l'oublie. Insistons pour que l'on rende toujours à ce propos, à Ampère, la gloire qui lui appartient.

Ce qu'Ampère appelait *courant électrique*, le physicien d'aujourd'hui l'appelle un *mouvement d'électrons*. Le commentaire de Poincaré sur la théorie de Fresnel s'applique à ce cas comme s'il eût été rédigé exprès. Il dit :

« Mais ces appellations ne sont que les images substituées aux objets réels que la nature nous cachera éternellement. Les rapports véritables entre ces objets réels sont la seule réalité que nous puissions atteindre, et la seule condition c'est qu'il y ait les mêmes rapports entre ces objets qu'entre les images que nous sommes forcés de mettre à leur place. Si ces rapports nous sont connus,

Digitized by Google

qu'importe si nous jugeons commode de remplacer une image par une autre ».

J'emprunte encore ces mots, en les modifiant légèrement pour dire que :

« ..... la vérité..... restera la même sous tous les costumes dont nous pourrons juger utile de l'affubler ».

Dans cent ans, celui qui prononcera le discours d'éloges d'Ampère constatera, j'en suis convaincu, que les électrons, aujourd'hui à la mode, auront vécu ; mais la théorie d'Ampère sera encore en vie.

Je n'ai pu faire qu'une ébauche imparfaite des travaux d'Ampère, et qu'un inventaire incomplet des titres à la gloire et à l'immortalité que ces travaux lui ont acquis. Il me resterait encore la tâche la plus difficile, celle d'établir le décompte de la dette énorme de reconnaissance, que la science, l'industrie, la civilisation entière, en un mot, lui doivent pour les bénéfices qu'elles retirent des applications innombrables de l'électricité qui sont basées directement ou indirectement sur les connaissances qu'Ampère a laissées au monde.

Tournons nos yeux vers ce champ immense d'activité intensive moderne, de science et d'industrie, de manufacture et de commerce appelé le champ de la science et de l'industrie électriques. Nous serons éblouis des applications innombrables de l'électricité. Il y en a pour toutes les sciences, tous les arts, toutes les industries, en un mot pour tous les besoins, pour tous les services de la civilisation moderne. Si nous pouvions les étudier en détail nous constaterions que dans toutes, sans une seule exception, des actions ou des réactions électrodynamiques, des phénomènes électromagnétiques se produisent suivant les principes et les théories d'Ampère. C'est Ampère qui a fourni la clé miraculeuse qui a ouvert la porte à toutes ces merveilles, et ce qui émerveille le plus, c'est que cette clé fût forgée par lui en huit jours, — du 11 au 18 septembre 1820. — Le centenaire de cette semaine, mémorable dans les annales de la science, fut célébré par la Société des Ingénieurs électriciens à Philadelphie au mois de septembre 1920. En Amérique, une société de manufacture de matériel électrique a donné le nom « Ampère » à la petite ville dans l'Etat de New Jersey, où ses usines ont été établies.

Une tablette commémorative en bronze, installée en octobre 1908 par la Crocker-Wheeler Company à Ampère, New Jersey, et inaugurée le 4 décembre 1908 à la station du chemin de fer, par l'ambassadeur de France, contient l'inscription suivante : « En l'honneur d'André-Marie Ampère, qui fonda la science de l'électrodynamique, et dont le nom est employé dans tout le monde pour désigner l'unité de courant électrique ».

C'est dans une des salles des usines de cette même société qu'eût lieu, le 4 décembre 1920, la cérémonie de célébration du Centenaire des Découvertes d'Ampère déjà mentionnée et l'inauguration d'une seconde tablette en bronze, commémorant le centenaire, eut lieu à la station du chemin de fer.

Je suis spécialement chargé par M. le Dr Wheeler, président et un des fon-

Digitized by Google

dateurs de la Compagnie, de transmettre, de sa part et de la part du Conseil d'Administration, leurs félicitations bien cordiales au Comité d'Ampère et l'expression de leur haute appréciation des travaux et du génie d'Ampère. M. le Dr Crocker, l'autre fondateur de la Compagnie, mort l'été dernier, qui fut cependant plus de 20 ans professeur d'électrotechnique à l'Université de Columbia, était un admirateur fervent d'Ampère. Il a laissé un tribut sympathique et appréciatif d'hommage à Ampère dans un article publié dans « The Electrical World » du 19 juin 1920.

« Le fait qu'Ampère put, dans l'espace d'une semaine, développer les principes fondamentaux et la théorie de l'électromagnétisme et les résumer dans un mémoire pour les présenter à l'Académie des Sciences, est un des exploits les plus brillants dans l'histoire de la science. Les plus grandes difficultés du sujet, le peu de temps qu'il se permit, et la perfection remarquable de son premier mémoire même, font de ce travail, un tour de force de l'esprit humain qui est vraiment extraordinaire. Non seulement il formula la théorie de l'électromagnétisme — c'est à dire l'action produite sur un aimant par un fil parcouru par un courant — mais il a aussi découvert expérimentalement et approfondi théoriquement et complètement le phénomène de l'électrodynamique — c'est-à-dire l'action d'un fil parcouru par un courant sur un autre fil. Il a aussi démontré et formulé les lois de l'action d'un solénoïde ou d'une bobine sur un autre solénoïde ou une autre bobine, après avoir démontré que chacun des solénoïdes agissait comme s'il avait un pôle nord et un pôle sud; et ces pôles s'attiraient ou se repoussaient exactement comme le font les pôles des aimants. »

A chaque pas on trouve, de tous côtés, des applications de l'électricité qui dépendent des lois et des principes d'Ampère. Je suis persuadé que vous conviendrez, sans qu'il me soit nécessaire d'avoir recours à la statistique, que les principes fondamentaux donnés au monde par Ampère sont la base sur laquelle des millions d'appareils électriques en usage dans tous les pays du monde ont été produits. On a donc eu raison de dire que toute la science et toute l'industrie électriques sont tributaires de son œuvre, et qu'elles constituent un monument à sa gloire qui devient chaque jour plus grand et plus beau.

Nous avons vu qu'Ampère a adopté et suivi comme guide la philosophie et la méthode de Newton. Le disciple a fait honneur au maître. Dumas père disait à Dumas fils, à la première représentation de Camille, le chef-d'œuvre du fils : « Mon chef-d'œuvre, ma plus grande gloire à moi, seront d'avoir produit un tel fils ». On peut dire pour Newton, ce qu'il dirait sans doute s'il pouvait prendre la parole en cette occasion : « une de mes plus grandes gloires aura été d'avoir eu un tel disciple qu'Ampère; il a devancé son époque comme j'ai devancé la mienne ».

Le plus grand compliment qu'un physicien anglais pût faire à Ampère, Maxwell l'a fait en le comparant à Newton.

Il a dit ;

Digitized by Google

« L'étude expérimentale par laquelle Ampère a établi les lois de l'action mécanique entre les courants électriques est un des plus brillants exploits de la science.

» Le tout, la théorie et l'expérience, semble avoir jailli, en pleine vigueur, et complètement armé, du cerveau du Newton de l'électricité. Cet ensemble est parfait comme forme, et de précision indiscutable, et il est résumé en une formule d'où tous les phénomènes peuvent être déduits, et qui restera toujours la formule cardinale de l'électrodynamique ».

Le parallèle entre Newton et Ampère ne finit pas là. Les restes mortels de Newton reposent, on le sait, dans le Panthéon de l'Angleterre, ou plutôt de la Grande-Bretagne, dans l'abbaye de Westminster, dans le rayon des philosophes, près des restes de Darwin, Herschel et autres savants illustres. L'inscription sur la tombe de Newton, de même que l'endroit de sépulture, auraient pu servir de modèle pour la sépulture d'Ampère. On y trouve des phrases sublimes qu'Ampère a, lui aussi, méritées. Je cite celles qui n'auraient pas besoin de retouche :

« Qui animi vi prope divina ».	Qui par une force d'esprit presque divine.
« Sua Mathesi facem praeferente primus demonstravit ».	A l'aide de son analyse mathématique, il fut le premier à démontrer.
« Quas nemo antea vel suspicatus erat, pervestigavit »,	Il mit à jour ce que personne avant lui n'avait même soupçonné.

Si le Panthéon français vient à réclamer, un de ces jours, l'honneur de recevoir les restes d'Ampère, il faudra alors rédiger une inscription qui, en faisant le pendant de celle gravée sur la tombe du grand maître, Newton, fera honneur à la carrière et à la renommée du disciple, Ampère, qui fut lui-même un grand maître. On pourra dire, en se calquant sur l'inscription ci-dessus :

« André-Marie Ampère, chevalier de la Légion d'Honneur, membre de « l'Institut et des principales sociétés savantes de son époque, *qui, par une « force d'esprit presque divine, fut le premier à démontrer, par ses grands « talents de physicien et de mathématicien,* les lois de l'électrodynamique ; il mit « à jour ce que personne n'avait, auparavant, même soupçonné et il fut le pre- « mier à établir une théorie capable d'expliquer et de prédire les phénomènes « du magnétisme et de l'électromagnétisme ».

Viennent ensuite, sans retouche, ces trois lignes mémorables, tout autant vraies pour Ampère que pour Newton :

« Sibi gratulentur Mortales tale tantumque existitisse Humani generis decus ».	Les mortels ont lieu de se féliciter de ce qu'un tel et si grand ornement du genre humain ait existé.

Digitized by Google

MONSIEUR LE PRÉSIDENT DE LA RÉPUBLIQUE,

Au nom de la Nation, sœur de la grande Nation, par excellence, que vous représentez, au nom des institutions et sociétés de mon pays qui m'ont délégué pour les représenter en cette circonstance, au nom de la Commission électrotechnique internationale et des pays qui en font partie, je vous salue, et, en votre personne, je salue la patrie du grand génie que nous célébrons aujourd'hui; je salue la nation mère de ce fils célèbre dont elle a lieu d'être aussi fière que l'Angleterre de son Newton; je salue la France, devenue, pour la millième fois, au moins, le créancier intellectuel du monde entier par le grand savant qu'elle a formé, et par les services impayables que son œuvre a rendus et qu'elle continuera à rendre à tout le monde de la science et de l'industrie. La présente circonstance fournit, au monde entier, l'occasion de constater qu'une nouvelle étoile de la première grandeur a pris sa place définitive dans la grande constellation des immortels de la renommée française, à côté des autres étoiles innombrables du génie français, qui, de leur vivant, ont, comme Ampère, donné un coup d'épaule au char de la civilisation, en même temps qu'ils ont justifié la réputation de la France d'être le porte-flambeau de la civilisation et du progrès. Ce jour est un événement pour la France, pour ses admirateurs, pour le monde électrique. Le destin a voulu que cet événement survînt pendant votre législature. Vous avez raison d'en être fier, et nous ressentons le plus vif plaisir, nous qui sommes venus exprès de l'étranger, à vous en féliciter chaleureusement et cordialement, en vous remerciant d'avoir, par votre présence, donné à cette réunion l'éclat qu'elle méritait si bien.

Digitized by Google

Discours de M. Yves LE TROCQUER, Ministre des Travaux publics.

MONSIEUR LE PRÉSIDENT DE LA RÉPUBLIQUE,

MESDAMES,

MESSIEURS,

La parole devait être à mon collègue et ami, Léon Bérard, ministre de l'Instruction publique. Retenu au dernier moment par la discussion au Sénat de la loi sur la fréquentation scolaire, il m'a prié de le remplacer auprès de vous. Je m'en excuse d'autant plus que l'admirable talent de mon collègue eût trouvé des termes éloquents pour honorer, comme il le méritait, le grand savant dont nous célébrons ici la mémoire.

Mais j'ai accepté néanmoins avec grande joie de venir associer le Gouvernement de la République à la belle cérémonie qui nous réunit dans cette illlustre enceinte, non seulement parce qu'Ampère fut le mathématicien dont j'ai appris à vénérer l'esprit et l'enseignement dans cette Ecole Polytechnique dont il a été un des maîtres; non seulement parce qu'il fut le physicien dont les découvertes ont ouvert la voie à un flot incessant de recherches dont il m'est donné comme ministre des Travaux publics de mesurer chaque jour la valeur et l'étendue des applications, mais encore parce qu'il fut un des esprits les plus représentatifs du génie de la France, et qu'ainsi notre pays reçoit, de l'affirmation de sa gloire, une illumination nouvelle.

L'œuvre d'Ampère, que vous venez d'entendre décrire par les compétences les plus autorisées, est celle d'un esprit dont le travail fut la loi quotidiennement respectée. Depuis que sa jeune intelligence s'ouvrit sous les leçons d'un père qui l'avait deviné, jusqu'au jour de sa mort, pas une heure ne s'écoula sans qu'il ajoutât à son œuvre. Son génie mathématique le porta très tôt vers les recherches précises et il devait trouver dans la pratique de l'analyse la discipline qui convenait à son esprit déductif. Il fut un observateur impeccable, ne négligeant aucun phénomène si petit et éphémère qu'il puisse être, mais il garda

Digitized by Google

toujours en lui le bénéfice de ces deux grandes qualités de notre race, l'amour de la clarté et l'esprit de mesure qui fit que, s'il ne négligeait rien, il laissait toujours tout à sa juste place.

Mais son intelligence était trop vaste et trop fille de notre XVIIIe siècle pour qu'il se contentât de résultats utiles, mais limités. Sans quitter la sûreté d'esprit qui assurait ses recherches, il s'élançait avec joie vers les sphères les plus hautes de l'entendement humain, voulant arriver aux généralisations productrices. Il abandonnait ainsi souvent son laboratoire, petit, mais tout brillant de l'éclat de son génie, pour venir avec Maine de Biran et ses amis, discuter des plus profonds problèmes de la métaphysique.

Il aurait pu, malgré cela, et par la vigueur de ses recherches et l'abstrait de ses tendances, garder à côté de son intelligence toujours en activité, un cœur sec. Il n'en fut point ainsi. Il avait une âme délicate et sensible qui avait subi le charme de Jean-Jacques, et tandis que le penseur cherchait, le poète rêvait. Quoi de plus émouvant et de plus caractéristique que ces cahiers couverts de son écriture d'écolier où des vers se mêlaient à une équation en voie de résolution.

Ainsi tout fut amour en lui, comme tout fut vérité : et il devait rechercher celle-ci pour en éclairer le monde. Son grand souci fut de travailler au bonheur de l'humanité, dont il voulait, par la science, augmenter le patrimoine. Il envisageait toutes les connaissances humaines pour faire de chacune une source de civilisation et de joie. Idéaliste, il le fut avec passion, idéaliste qui resta toute sa vie l'élève des encyclopédistes dont il rêvait de refaire l'œuvre, et qui se souvenait à son heure dernière de pages tout entières de l'*Imitation*. Fils de France, il le fut vraiment par la sûreté de ses recherches, par la mesure de son esprit, par sa foi en la puissance de l'idée, par son amour, enfin, de la civilisation à laquelle il dévouait toute son intelligence et à laquelle il rêvait de consacrer toute sa valeur scientifique.

Une juste destinée a voulu que son vœu soit exaucé et que la plus haute satisfaction posthume lui soit donnée par cette électricité dont il fut un des savants les plus féconds et qui donne à la civilisation un instrument dont lui-même ne pouvait entrevoir la pleine utilité.

Pouvait-il vraiment imaginer avec qu'elle rapidité les découvertes faites il y a un siècle devaient modifier la face de la société ? Pouvait-on concevoir ce qui fut réalisé par la science de l'électricité dans l'étude des parties les plus subtiles de la théorie comme dans les applications les plus familières ? Quelle admirable poésie philosophique nouvelle se dégage de cet ensemble qui forme pour Ampère la plus glorieuse des palmes déposées sur sa tombe !

Pénétrant la matière jusqu'à sa constitution intime, l'électricité saisit l'énergie dans toute ses sources, dans la puissance éternelle des glaciers, des fleuves et des mers ; elle la maîtrise, la répand dans les villes et les campagnes, apportant ses bienfaits aux usines comme aux champs, fournissant chaleur,

Digitized by Google

lumière et force, poussant les roues, soulevant les leviers, transportant les marchandises et répandant les idées. Elle est partout présente : sur la place publique et dans le modeste logis. Elle va, comme un grand flot de vie, sous terre, sur terre, dans l'air traversé par des ondes de plus en plus puissantes qui lancent à travers l'espace la pensée des hommes en attendant qu'elles lancent le mouvement lui-même. Et que demain ne permet-il d'espérer, puisqu'on annonce que des expériences réalisées à Pittsfield auraient permis de transmettre l'énergie électrique sous une tension de plus d'un million de volts.

Ainsi, c'est avec une puissance centuplée que l'homme asservissant les forces de la nature peut conquérir pour l'humanité un peu plus de bonheur ; c'est le rêve d'Ampère qui se réalise dans toute son étendue et dans toute sa beauté.

Ampère, il n'est plus seulement le savant, il est devenu en quelque sorte la chose. Et cela n'est-il pas pour un homme l'insigne même du génie, peut-être aussi le plus haut sommet de la gloire, que de disparaître lui-même dans le patrimoine commun qu'il a donné au monde.

Saluons donc, Messieurs, encore une fois, sa grande mémoire, et efforçons-nous de continuer son œuvre. Dans cette lutte contre la matière, la plus noble émulation saisit, j'en suis sûr, les nations. La France, en tout cas, s'y adonne avec *toute* sa volonté et *tout* son cœur, soucieuse *toujours*, de civilisation et de paix.

Digitized by Google

Digitized by Google

Allocution de M. A. MILLERAND,
Président de la République française.

MESDAMES, MESSIEURS,

Avant que nous nous séparions, je veux, au nom du Pays et des Pouvoirs publics, remercier les organisateurs de cette belle cérémonie à laquelle la présence et les paroles si prenantes d'un savant étranger, ami de notre pays, ont donné son vrai sens et toute sa portée, de nous avoir fait communier aujourd'hui dans le souvenir et dans l'exaltation d'un grand Français, dont le génie a — il n'y a aucune exagération à le proclamer — transformé la face du monde.

En appelant l'électricité au rôle de servante docile des besoins de l'homme, la Science a bouleversé en effet les conditions de la vie et multiplié presque à à l'infini la puissance de l'homme. Quel exemple plus saisissant de l'union étroite et nécessaire des applications pratiques de l'industriel et des spéculations désintéressées du savant ! Nulle part, la proclamation de cette vérité ne serait plus à sa place, que sous la voûte illustre de notre Sorbonne. Jamais, il ne fut plus à propos de la rappeler qu'à l'heure où la France victorieuse sent le besoin impérieux, pour retirer tous les fruits de sa victoire, d'unir en un faisceau étroit et harmonieux les forces de tous ses enfants, depuis l'ouvrier manuel travaillant sur le chantier, jusqu'au savant penché sur sa table de travail.

Digitized by Google

Digitized by Google

L'Industrie électrique française Cent ans après les Découvertes d'Ampère.

Digitized by Google

Digitized by Google

LA CONSTRUCTION

DU MATÉRIEL ÉLECTRIQUE EN FRANCE

La situation considérable qu'occupe l'industrie de la construction du matériel électrique dans l'ensemble de l'économie nationale de la France permet d'affirmer que cette industrie contribue, et qu'elle sera appelée dans l'avenir à contribuer de plus en plus, à la prospérité générale de la nation.

D'autre part, la place qu'elle a prise sur le marché international, si elle n'est pas prépondérante, peut néanmoins être considérée comme des plus importantes.

Il y a donc là, pour les ingénieurs français qui, depuis de longues années, ont consacré leurs études au développement et au perfectionnement du matériel et de la science électriques, un juste sujet de satisfaction, que les circonstances actuelles permettent de faire ressortir.

I. — La fabrication du matériel électrique, aussi bien que la construction et l'exploitation de nombreux réseaux de distribution, se sont développées avec une rapidité qui a suivi de près les découvertes scientifiques relatives à l'électricité. Elles ont, au cours du dernier siècle, contribué à rendre indispensable à notre vie quotidienne ce qui n'était, il n'y a pas bien longtemps encore, que curiosité de savants.

La première industrie créée fut celle du matériel télégraphique et s'exerça dans les ateliers où l'on construisait des appareils de mesure ou de précision. Elle se développa au moment de l'apparition de la téléphonie et tendit dès lors à se spécialiser. C'est de ces premiers ateliers que sont issues les fabriques de fils qui, suivant toujours les progrès scientifiques et les nécessités de leurs applications pratiques, en arrivèrent bientôt à fabriquer les câbles pour haute et basse tension, pour courant continu et courant alternatif, nécessaires à la distribution de l'énergie à tous les services publics et aux clients particuliers.

Mais avant que cette distribution ait commencé à prendre de l'extension, une application toute spéciale de l'électricité était apparue : la traction électrique des tramways. Et c'est pour alimenter les lignes nécessaires à ce nouveau

Digitized by Google

mode de traction que l'industrie électrique fut amenée à fabriquer des moteur et des dynamos.

Parallèlement au développement de la fabrication des fils et câbles, se développèrent les premières fabriques françaises du gros matériel électrique nécessaire aux tramways et aux centrales qui commençaient à se créer. Ces fabriques eurent, dès le début, à supporter une très grosse concurrence étrangère, car c'étaient des maisons américaines, puis des maisons allemandes, qui s'étaient créées les premières. Mais cette concurrence fut victorieusement soutenue par nos constructeurs, en raison notamment du concours que leur apporta la grande industrie mécanique qui, dès qu'elle eut à fournir des machines et des chaudières pour les usines productrices du courant électrique nécessaire à l'exploitation des tramways, comprit l'intérêt qu'il y avait à pouvoir installer elle-même la partie électrique.

Les ateliers de construction de matériel électrique ont d'ailleurs continué à compléter et à développer leur outillage et sont arrivés à satisfaire les besoins les plus variés de leurs clients en construisant notamment les machines nécessaires à l'extraction des mines, aux trains de laminoirs, au tissage, à la filature, à la verrerie, à la papeterie, à l'imprimerie, qui de plus en plus ont tendance à remplacer leurs machines à vapeur par le moteur électrique.

II. — L'histoire de la production et de la distribution de l'énergie électrique en France est inséparable de celle de la construction du matériel.

Entravés au début par le monopole gazier qui existait dans bien des localités pour l'éclairage, des réseaux ou secteurs ont néanmoins commencé à se créer un peu partout depuis une trentaine d'années environ. La difficulté, et parfois l'impossibilité de lutter contre les compagnies gazières eut d'ailleurs pour résultat d'orienter nombre de distributeurs vers la force motrice.

Au début, cette application était difficile en raison du prix de revient fort élevé du courant électrique, mais, grâce à la concentration dans quelques usines importantes de la production nécessaire pour alimenter des réseaux assez étendus, grâce aux progrès continuels des installations, les prix de vente du courant purent rapidement s'abaisser, au moment même où l'éclairage électrique arriva enfin à triompher des obstacles légaux qu'il avait tout d'abord rencontrés. On peut dire que, dix ans environ après l'apparition des premiers secteurs, la distribution de l'électricité devint une industrie importante.

La loi du 15 juin 1906 est venue ensuite lui apporter un statut légal et l'aménagement de plus en plus étendu des chutes d'eau contribue à la développer dans des proportions insoupçonnées de ses premiers fondateurs.

En 1918, la puissance des usines des secteurs de distribution d'électricité était de 1 300 000 kilowatts ; la longueur des canalisations aériennes et souterraines de 68 000 kilomètres ; la population desservie, de 24 millions d'habitants ; le capita

Digitized by Google

investi, de 2,5 milliards de francs. La puissance des seules usines hydroélectriques dépasse 500 000 kilowatts.

La période de guerre et les perturbations qui en ont résulté dans la situation économique générale du pays ont eu et auront pour résultat, pendant quelques années encore, d'élever les prix de revient et de vente du courant. Mais il n'y a là qu'une entrave momentanée et plus apparente que réelle au développement de l'électricité en France; ce développement est commandé par trop de circonstances économiques, de découvertes scientifiques et de nécessités pratiques pour que des difficultés passagères puissent le retarder sérieusement. Et il n'est pas douteux que, progressivement, la traction électrique et le chauffage électrique se répandent autant que la lumière et la force motrice.

Les données statistiques que nous venons de rappeler sont celles de l'administration et elles datent de plusieurs années au moment où paraît la présente étude. Nous allons donc les compléter par quelques renseignements qui nous ont été fournis par les syndicats et qui, eux, se rapportent à la fin de l'année 1921.

Le Syndicat professionnel des Producteurs et Distributeurs d'Énergie électrique, qui compte 339 sociétés, représente un capital total de 2 760 millions de francs, dont 1 663 millions en actions et 1 097 millions en obligations. Le nombre total des ouvriers employés par les adhérents du syndicat est de 18 380. La longueur totale des lignes de distribution est de 22 942 kilomètres et la puissance totale des machines de 1 447 750 kilowatts.

On voit que ces renseignements diffèrent assez sensiblement de ceux qui ont été indiqués plus haut : ils précisent bien le développement considérable qu'a reçu l'industrie de la production et de la distribution du courant depuis la guerre.

En ce qui concerne la Chambre syndicale des Forces hydrauliques, ceux de ses adhérents qui produisent et distribuent l'énergie électrique disposaient à la fin de 1921 de 1 129 875 chevaux. Une partie de cette puissance est déjà comptée dans les statistiques du Syndicat des Producteurs et Distributeurs, car un certain nombre de sociétés font partie à la fois des deux syndicats. Mais on peut estimer à 600 000 chevaux, c'est-à-dire à 450 000 kilowatts environ la puissance qui n'est pas comptée déjà dans les statistiques du Syndicat des Producteurs.

On doit donc considérer que la puissance totale des usines utilisées pour la production et la distribution de l'énergie électrique à la fin de 1921 est d'environ 1 800 000 kilowatts.

Ajoutons, pour ne pas laisser incomplètes les données fournies par la Chambre syndicale des Forces hydrauliques, que cette Chambre syndicale comprend 67 sociétés de production et de distribution d'énergie électrique et que le capital total qu'elle représente est de 2 979 millions de francs (actions et obligations).

Digitized by Google

Il n'est pas indifférent de rappeler, en passant, que l'industrie française a aménagé en pleine guerre une puissance hydraulique de 450 000 chevaux, entièrement utilisée à la production de l'énergie électrique, dont 120 000 ont été mis à la disposition de la Défense nationale en 1917 et 350 000, en 1918.

On voit, par ces renseignements numériques, l'importance réelle de l'industrie française de la production et de la distribution de l'énergie électrique. Utilisant le mieux possible le charbon ou l'énergie hydraulique, nos usines atteignent chaque jour un nombre plus grand d'abonnés et il y a certaines régions desquelles on peut dire, sans exagération, que l'électricité est distribuée aussi largement que l'eau.

L'un des caractères de l'heure présente est la concentration de la production dans des usines de plus en plus puissantes, et notre pays est à ce point de vue, on peut le dire, en tête du progrès, puisque c'est lui qui possède la centrale électrique la plus puissante du monde : celle que l'Union d'Electricité achève à Gennevilliers, aux environs de Paris, et dont la puissance est de 200 000 kilowatts, produits par 5 unités de 40 000 kilowatts chacune. Les Etats-Unis ont en service eux aussi des unités de 40 000 kilowatts, mais ils n'en ont pas de supérieures. Et il a été particulièrement agréable à l'Union des Syndicats de l'Electricité, au mois de novembre 1921, de montrer à tous les délégués étrangers qui étaient venus assister à la Conférence internationale, cette usine gigantesque qui permet véritablement à notre industrie de considérer qu'elle compte parmi les premières du monde.

En ce qui concerne la distribution, nos ingénieurs, ayant maintenant assuré la fourniture de l'énergie électrique dans nos principales régions montagneuses, industrielles ou charbonnières, se préoccupent d'étendre leurs réseaux et d'atteindre la clientèle des campagnes ou, d'une façon plus générale, la clientèle des régions qui ont été jusqu'ici peu ou pas desservies.

D'autre part, il se préoccupent de ne pas laisser indépendants des uns des autres les grands réseaux régionaux. Déjà les Alpes et le Massif-Central sont réunis par deux grandes lignes de jonction : la ligne qui unit Grenoble à Saint-Etienne et celle qui relie Albertville à Lyon. Sur ces lignes viennent se déverser les excédents d'énergie qui ne sont pas utilisés dans les Alpes et qui sont aussitôt mis à la disposition des régions stéphanoise et lyonnaise, grandes consommatrices de courant.

Une autre ligne est actuellement en achèvement : c'est celle qui ira de Beaumont-Monteux, dans la Drôme, à Saint-Chamond, dans la Loire, et qui va assurer la transmission d'une quantité considérable d'énergie, sans en distribuer aucune part sur le trajet.

D'autres projets sont en cours d'étude. Ils tendent à assurer la jonction complète et réciproque de nos trois grands massifs montagneux : Alpes, Massif Central et Pyrénées, et même à mettre en communication les réseaux de ces

Digitized by Google

régions avec d'autres centres de production et de communication, tels que Paris, nos houillères du Nord et nos grandes usines métallurgiques de l'Est.

L'importance des lignes existant déjà en France ou des projets étudiés par notre pays justifie l'initiative prise en 1921 par l'Union des Syndicats de l'Electricité en organisant à Paris une Conférence internationale qui a eu pour objet l'étude de tous les problèmes techniques concernant la production et l'exploitation des grandes lignes de jonction à très haute tension.

Les résultats de cette Conférence sont encore présents à la mémoire de tous. Ils ont été si importants, que les délégués qui en faisaient partie ont décidé de se réunir périodiquement dans l'avenir pour étudier, non plus le problème dans sa généralité, mais certains problèmes particuliers dont l'examen sera poussé à fond.

III. — Quelle est, ceci posé, l'importance actuelle de l'industrie de la construction du matériel électrique?

En 1913, on avait évalué à 307 millions de francs le capital investi en France dans l'industrie de la construction électrique et on estimait à 193 millions de francs environ la valeur de la production, qui se présentait comme suit :

PRODUITS	VALEUR	MASSE
	francs	tonnes
Machines	66 600 000	26 000
Appareillage	45 000 000	3 500
Câbles, fils, matériel de canalisation	40 000 000	20 000
Accumulateurs, piles, isolants et charbons.	21 400 000	11 500
	173 000 000	61 000
Lampes	20 000 000	30 millions d'unités
	193 000 000	»

En 1921, d'après les statistiques syndicales les plus récentes, la production de ce même matériel a été de 1 200 millions de francs avec 60 000 ouvriers. Le capital investi est d'environ 1 milliard de francs.

Étant donnés les prix actuels de toutes choses, qui sont d'environ trois fois supérieurs à ceux d'avant-guerre, on peut remarquer que les 1 200 millions de francs ci-dessus équivalent à 400 millions de francs d'avant-guerre, ce qui montre que la capacité de production des usines françaises a été doublée. Mais il faut noter qu'une grande partie de nos usines du Nord sont encore en reconstruction; lorsqu'elles fonctionneront, notre industrie française de la construction électrique aura une capacité de production sensiblement accrue.

IV. — En ce qui concerne le commerce extérieur, les résultats de ces dernières années sont très favorables.

Digitized by Google

En 1913, nos exportations de matériel électrique dépassaient 10 000 tonnes représentant une valeur de 34 millions de francs, nos importations n'étant que de 7 600 tonnes représentant une valeur de 31 millions de francs. Étant donnée l'acuité de la concurrence, ces résultats étaient déjà fort appréciables, puisqu'ils se traduisaient par des exportations nettes de près de 3 000 tonnes en poids et de 3 millions de francs en valeur.

En 1920, malgré la destruction d'une partie importante de nos usines et le bouleversement de notre situation économique, nos exportations ont été supérieures à celles de 1913 et elles ont aussi dépassé nos importations : 13 000 tonnes environ exportées contre 11 000 importées,

En valeur, nous avons exporté pour plus de 180 millions de francs de produits, alors que nous n'en avons importé que pour 117 millions de francs, d'où un excédent de 63 millions de francs.

Nos exportations ont porté principalement sur les fils et câbles (plus de 22 millions de francs) et sur les accumulateurs, piles et charbons (32 millions de francs).

On voit donc que notre pays est plus largement exportateur en 1920 qu'en 1913, malgré les obstacles de tous ordres que nos industriels ont rencontrés, notamment en raison des difficultés douanières auxquelles ils se sont heurtés.

Il n'en est que plus intéressant de constater les résultats encourageants obtenus à ce jour et la prospérité toujours croissante des grandes usines françaises. Ces résultats sont dus pour une grande part à l'excellence des procédés de fabrication adoptés par ces maisons et à la qualité universellement reconnue des machines et appareils sortant de chez elles.

V. — Ces indications générales étant données, nous allons examiner en particulier quelques-unes de nos principales industries.

Fils et câbles. — L'industrie des fils et câbles compte parmi celles qui sont franchement exportatrices.

En 1913, elle avait exporté 17 000 quintaux et en avait importé 4 000 seulement, d'où un excédent d'exportations de 13 000 quintaux, représentant en valeur 2 500 000 francs.

En 1920, les résultats ont été encore plus favorables. La France a exporté en effet 25 000 quintaux de fils et câbles et n'en a importé que 8 000 d'où une exportation nette de 17 000 quintaux, supérieure à celle de 1913, et dont la valeur a été de 13 000 000 francs.

Ces résultats, qui semblent à première vue un peu paradoxaux puisque la France ne produit pas de cuivre et qu'elle doit importer à grands frais celui qui lui est nécessaire, s'expliquent par la qualité bien connue de nos produits. Tout récemment encore, une de nos plus importantes sociétés de distribution d'électricité a mis en concurrence nos fabricants nationaux de fils et câbles avec leurs principaux concurrents étrangers; après des essais extrêmement sévères, ce

Digitized by Google

sont les fabricants français qui ont enlevé la commande. Celle-ci consistait en une importante quantité de câbles à conducteur unique devant fonctionner à 60 000 volts et qui ont pû subir avec succès des épreuves poussées jusqu'à 220 000 volts. De même, nos fabricants peuvent livrer des câbles à conducteurs tordus supportant une tension de 30 000 volts.

Ces résultats du commerce extérieur sont d'autant plus intéressants que nos exportations sont considérablement gênées par la situation de notre change. Les pays à change déprécié sont arrêtés dans leurs velléités d'achat par cette dépréciation même. Quant aux pays dont le change est favorable aux importations, ce sont justement ceux qui produisent le cuivre.

Il faut remarquer aussi que notre industrie des fils et câbles a été absorbée entièrement pendant la guerre par les fournitures aux armées et qu'elle a dû, par conséquent, délaisser momentanément ses clients habituels. Depuis la fin de la guerre, elle a dû faire face aux énormes besoins de la reconstitution des régions libérées ; et le seul fait d'avoir pu, malgré ces deux circonstances, augmenter ses exportations en 1920 dans la proportion susindiquée montre bien toute sa vitalité.

Appareillage. — L'industrie française de l'appareillage est, elle aussi, dans une situation des plus avantageuses.

Favorisée par la qualité des appareils qu'elle produit, et par l'ingéniosité toujours en éveil de nos inventeurs, elle couvre très largement les besoins du pays.

En 1913, sa production représentait une valeur de 45 millions de francs. En 1920, elle a été de près de 200 millions de francs, et elle a pu exporter 28 000 quintaux valant 90 millions de francs. Comme la France a importé la même année 19 000 quintaux valant 78 millions de francs, on voit que l'industrie de l'appareillage est, elle aussi, franchement exportatrice, malgré les difficultés qui résultent pour elle de l'insuffisance de notre tarif douanier et des circonstances économiques actuelles,

Porcelaine électrotechnique. — La fabrication des isolateurs en porcelaine a pris en France, depuis 1913, une extension considérable.

En 1913, elle ne comprenait que neuf maisons produisant ensemble 5 000 tonnes, et notre commerce extérieur se traduisait par 1 100 tonnes d'importation et 600 tonnes d'exportation, soit une importation nette de 500 tonnes. Le marché français absorbait 5 500 tonnes par an.

Actuellement (1921), cette même industrie comprend vingt maisons, ayant un capital investi total de 25 millions de francs et pouvant produire annuellement 20 000 tonnes d'isolateurs, soit quatre fois plus qu'avant la guerre. La France consommant maintenant 15 000 tonnes par an (au lieu de 5 500 en 1913), il reste 5 000 tonnes environ à placer à l'exportation.

Nul doute que cette exportation réussisse pleinement en raison de la qualité de nos produits. Nos fabricants peuvent livrer toute la gamme des isolateurs

Digitized by Google

rigides sur ferrures jusqu'à 80 000 volts et, pour les très hautes tensions, des chaînes d'isolateurs de différents modèles pouvant supporter en service jusqu'à 150 000 volts. Ils disposent de laboratoires qui permettent d'essayer les isolateurs à 400 000 volts et ne comptent pas s'arrêter en si bon chemin. Quant à la qualité de leur porcelaine, elle est reconnue comme la meilleure du monde, et l'expérience a permis de constater maintes fois que nos isolateurs durent huit à dix fois plus longtemps que ceux de certaines marques étrangères pourtant célèbres.

Comme celle des câbles, notre industrie de la porcelaine vient de remporter une belle victoire : la Compagnie des Chemins de fer du Midi vient, en effet, de donner ses commandes d'isolateurs à 150 000 volts à une société française, après un concours redoutable, comme savent en imposer nos grands réseaux, et auquel de nombreux concurrents étrangers avaient pris part. Aucun étranger n'a produit des résultats atteignant ceux du constructeur français qui a enlevé la commande.

Machines électriques. — L'industrie du gros matériel électrique est représentée en France par plusieurs très grandes maisons connues dans le monde entier, qui groupent un total de capitaux investis atteignant 400 millions de francs, avec 15 000 ouvriers, et pouvant produire annuellement 350 millions de francs de gros matériel électrique.

Le matériel moyen et le petit matériel sont, en outre, construits dans un très grand nombre de maisons dont l'importance est moindre, mais qui offrent les mêmes garanties de perfection et de sécurité que leurs confrères. On trouve leurs usines en grand nombre dans les régions de Paris, de Lyon, de Nancy et de Lille, où elles occupent un très grand nombre d'ouvriers.

Aucune statistique n'existe malheureusement sur ces maisons et nous n'avons pu évaluer le capital investi par elles, ni la valeur de leur production annuelle.

A elles toutes, elles couvrent très largement les besoins de la France en machines électriques de toute importance et elles peuvent, en outre, malgré les difficiles circonstances économiques de l'heure présente, exporter une partie notable de leur production : plus de 28 000 quintaux, valant 30 000 000 de francs en 1920. Elles n'avaient exporté en 1913 que 16 000 quintaux, valant 4 millions de francs. Elles ont donc largement développé leurs ventes à l'étranger bien qu'elles soient dans des conditions défavorables du fait de la pénurie en cuivre de la France, de l'élévation des salaires et de la condition des changes.

Au point de vue de l'importation, elles sont malheureusement mal défendues par les lois douanières actuelles, mais on déduit facilement des statistiques les remarques suivantes :

1° La proportion des importations aux exportations était en 1913 de plus de 3, alors qu'elle est tombée à 2,6 en 1920. Nous avons donc relativement

Digitized by Google

réduit nos importations et augmenté nos exportations, ce qui est un indice favorable.

2° Les importations de 1913 font ressortir une valeur moyenne de 180 francs au quintal, tandis que nos exportations de la même année font ressortir une valeur moyenne de 200 francs.

En 1920, la valeur moyenne de nos importations est de 800 francs le quintal, et celle de nos exportations est de 1 000 francs. On voit donc que nous importons des produits qni ont une moindre valeur que ceux que nous exportons et ceci aussi a son intérêt.

Notre industrie des machines électriques, qu'ont illustrée les Blondel, les Boucherot, les Labour, les Maurice Leblanc, est assez puissante pour que le pays puisse, avantageusement à tous les points de vue, se libérer de la concurrence étrangère.

Accumulateurs et piles. — La fabrication des accumulateurs et piles occupe en France 4 000 ouvriers environ ; elle immobilise un capital de 20 millions de francs et la valeur de sa production, qui n'était que de 21 millions de francs en 1913, a atteint 100 millions en 1920.

Cette production dépasse de beaucoup les besoins nationaux et, dès 1913, pour 9 000 quintaux importés en France, 57 000 quintaux avaient été exportés, a valeur des importations étant de 1 400 000 francs et celle des exportations de plus de 9 000 000 francs.

En 1920, l'excédent des exportations a persisté et nous n'avons importé que 9 000 quintaux valant 5 600 000 francs, alors que nous en avons exporté 46 000 valant 32 000 000 francs.

Charbons. — La France a une situation particulièrement favorable au point de vue des charbons pour l'électricité.

En 1913, elle avait en effet importé 6 597 quintaux de charbons, alors qu'elle en avait exporté 53 724 quintaux. En 1920, l'importation a été tout à fait comparable à celle de 1913 et n'a été que de 5 617 quintaux, et l'exportation, sans avoir encore retrouvé l'importance de 1913, a été cependant de 34 622 quintaux.

Si notre pays jouit pour les charbons d'une situation aussi favorable, c'est en raison de la qualité exceptionnelle des produits qu'elle fabrique et on ne saurait oublier à ce sujet que beaucoup des perfectionnements apportés aux charbons sont d'origine française, qu'il s'agisse des charbons pour la lumière ou des charbons pour machines électriques. Actuellement les constructeurs fabriquent des blocs en charbons pour balais, dont la densité peut varier entre 1 et 2 avec une résistivité comprise entre 0,001 ohm-centimètre et plusieurs mégohms-centimètres.

Construction des centrales et des lignes. — Il est une industrie dans laquelle la France a acquis également une grande compétence : c'est celle de la construction des centrales et des lignes. Et notre pays ne compte pas moins,

Digitized by Google

actuellement, de vingt sociétés spécialisées dans ces travaux avec un capital de 100 millions de francs.

En ce qui concerne les centrales, il ne faut pas oublier que notre pays est, après les Etats-Unis (qui, eux, couvrent presque un continent), celui qui a poussé le plus loin l'aménagement de ses chutes d'eau. En 1913, nous avions déjà une puissance hydraulique de 1 400 000 chevaux; une puissance de 450 000 chevaux a été installée en pleine guerre entre 1916 et 1919; une puissance de 200 000 chevaux l'a été en 1920, ou le sera en 1921. C'est donc une puissance hydraulique de 2 000 000 chevaux que nous avons installée, presque toute transformée directement en électricité, elle-même distribuée ensuite aux abonnés, utilisée comme force motrice ou consommée dans les fours électrométallurgiques ou électrochimiques. On conçoit facilement quelle compétence nos grandes entreprises de travaux publics (usines et lignes) ont acquise ainsi. Elles ont abordé et résolu les problèmes les plus variés : usines à très gros débits sur les fleuves, usines à très hautes chutes en montagne, usines à lacs ou réservoirs accumulateurs, avec les régimes les plus divers de cours d'eau ; elles ont tout approfondi et tout réalisé. Et comme l'outillage électrique est inséparable de l'outillage hydraulique, comme le premier doit souvent s'adapter au second suivant les cas les plus variés, nos grands constructeurs se trouvent avoir accumulé des données exceptionnelles. Certaines de nos régions françaises comptent par dizaines des usines de plusieurs milliers de chevaux fonctionnant dans des conditions de rendement et de sécurité parfaites.

Pour les grandes centrales thermiques, nos constructeurs sont également en mesure de fournir des références de premier ordre et nous avons rappelé plus haut que Paris va être prochainement doté de la plus grande usine du monde, qu'on construit actuellement à Gennevilliers et qui aura une puissance de 200 000 kilowatts.

Quant à la construction des lignes de transmission d'énergie électrique, le rétablissement et le développement de nos grandes lignes du Nord et de l'Est, l'excellent fonctionnement des lignes qui unissent le Dauphiné, la Savoie et le Jura au Centre montrent assez la perfection et l'ampleur des travaux de nos grandes maisons. Et la construction des grandes lignes qui joindront bientôt le Rhône ou le Rhin à Paris, les Pyrénées aux Alpes, et le Massif Central à l'Océan, sera une nouvelle et éclatante occasion d'affirmer notre maîtrise.

Lampes électriques. — Dès l'origine des lampes électriques à incandescence, des fabriques puissantes s'étaient créées en France, qui suffisaient amplement aux besoins du marché et étaient même exportatrices.

Les découvertes qui ont permis de substituer au filament de carbone les filaments métalliques, et spécialement le filament de tungstène (filament pressé, d'abord, filament étiré, ensuite), entraînèrent une modification profonde de cette industrie et l'obligèrent, plusieurs fois en quelque dix années, à transformer presque totalement ses méthodes et son outillage. Bien que ces inventions

Digitized by Google

ne fussent pas d'origine allemande, les fabriques de ce pays parvinrent à prendre une forte avance dans leur exploitation, et leur concurrence sur notre marché devint très aiguë dans les années qui ont précédé immédiatement la guerre.

Cependant notre pays avait soutenu avec succès cette concurrence, puisque ses importations nettes étaient pratiquement nulles. Il avait bien reçu pour 2,5 millions de francs de lampes de l'étranger en 1913, mais il en avait exporté pour 2,2 millions, de sorte qu'il y avait sensiblement équilibre. D'autre part, certaines maisons françaises avaient installé des fabriques filiales à l'étranger, en Italie et en Espagne notamment, et avaient pris une place des plus honorables sur ces marchés.

Quoique, en raison du fait que les fabriques de lampes emploient principalement du personnel féminin, cette industrie ait moins souffert que la plupart des autres de la pénurie de main-d'œuvre pendant la guerre, leur exploitation a, par ailleurs, été rendue particulièrement précaire. Les difficultés d'approvisionnement en minerai de tungstène, en produits chimiques, et très spécialement la disette des matières de cristallerie par suite du manque de personnel verrier spécialiste et de la crise des charbons, ont fait tomber, pendant la guerre et dans la période subséquente, la production des fabriques françaises considérablement au-dessous de leur capacité normale de production. La concurrence étrangère a su exploiter intensivement ces conditions, de telle sorte qu'en 1920, tandis que notre exportation était seulement de 9 millions de francs, l'importation atteignait la valeur de 25 millions de francs. Cette importation considérable a été majorée anormalement par le fait que des commandes importantes de lampes destinées à la reconstitution des régions dévastées ont été passées à l'étranger.

Cette situation, due à des circonstances exceptionnelles, ne tardera certainement pas à se transformer. Les fabriques existantes se sont considérablement développées, de nouvelles ont été créées. Plusieurs, et qui étaient précisément les plus importantes, viennent de se fusionner en une société unique, de façon à se placer dans les mêmes conditions de production et d'outillage que les plus importantes fabriques concurrentes de l'étranger. Les brevets fondamentaux qui dominent actuellement toute l'industrie des lampes — brevets couvrant l'étirage du filament de tungstène, et les lampes dans des atmosphères gazeuses — sont tous aujourd'hui entre des mains françaises. Il est hors de doute que dès à présent nos fabriques nationales sont en mesure de fabriquer tous les types de lampes, et en quantité beaucoup plus que suffisante pour répondre à tous les besoins présents et futurs du marché français. On peut donc prévoir un recul certain et rapide de l'importation étrangère, et même son élimination complète, pour peu qu'une classification plus rationnelle du tarif douanier vienne y aider.

A l'étranger, la lampe française est appréciée pour les mêmes qualités de garantie commerciale qui caractérise nos produits. Alors que, dans plusieurs pays étrangers de grande production, s'est établie depuis quelques années une

Digitized by Google

politique systématique de fabrication tendant à faire travailler les lampes à un rendement très élevé, méthode qui, si elle assure une amélioration de la consommation de courant, entraîne par contre une réduction plus que correspondante de la durée des lampes, nos fabricants se sont refusés à cette politique de « doping », de même nature et évidemment de même origine que celle du « dumping ».

Compteurs et appareils de mesure. — Il s'agit là d'une industrie représentée en France par quelques maisons extrêmement importantes et qui possèdent une clientèle nombreuse et fidèle ; mais il est absolument impossible de se rendre compte avec précision du montant des importations ou des exportations de ces appareils. En effet, notre tarif douanier est ainsi fait qu'il englobe dans un même article les compteurs à électricité, les compteurs à eau et les compteurs à gaz. D'autre part, la plupart des constructeurs fabriquent simultanément ces divers genres d'appareils et il est bien difficile de se faire une idée de l'importance relative de leurs diverses fabrications. Toutefois, un fait est certain, c'est que les compteurs à électricité donnent encore lieu à l'heure actuelle à une importation assez considérable, qu'il faut vivement souhaiter voir réduire dans les années qui vont venir, grâce aux efforts des fabricants français.

Pour les mêmes raisons, il est très difficile d'évaluer les capitaux engagés dans cette industrie, mais on peut estimer qu'ils dépassent 10 000 000 francs.

VI. — Les indications qu'on vient de lire, et que nous ne voulons pas développer davantage, car elles sont suffisamment convaincantes par elles-mêmes, montrent que, dans son ensemble, la construction électrique française couvre, et au delà, les besoins du pays ; les notices publiées dans les pages suivantes sur les principales maisons françaises de construction de matériel électrique feront voir d'ailleurs l'importance de cette industrie et la variété de sa production.

Appuyée sur des industries nationales de production et de distribution d'énergie qui lui assurent un débouché intérieur important et des perfectionnements techniques incessants, elle est exportatrice pour presque toutes les catégories de produits et il est très probable qu'il en sera bientôt de même pour les machines et pour les lampes, car ces deux industries sont en grand développement.

Son passé et son présent répondent de son avenir.

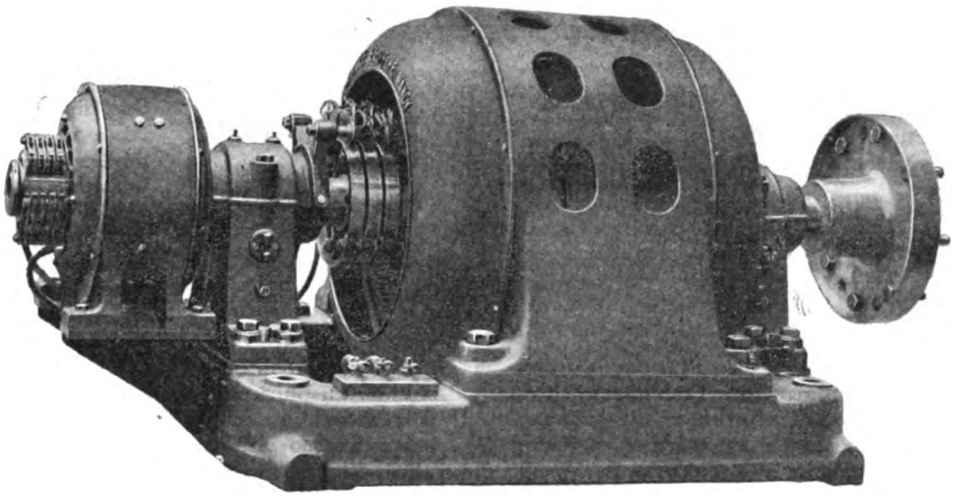
J. Tribot-Laspière,
Secrétaire général de l'Union des Syndicats de l'Electricité.

Digitized by Google

Cie GÉNÉRALE ÉLECTRIQUE

Capital : 15 000 000 francs

Siège social : NANCY, Rue Oberlin



Moteur asynchrone synchronisé de 400 chevaux, 750 tours par minute.

Fondée à Nancy en 1898, au capital de 2 000 000 francs, capital qui fut porté à 4 000 000 francs en 1901 et à 15 000 000 francs en 1919, la Cie GÉNÉRALE ÉLECTRIQUE est devenue une des principales Maisons françaises de Construction de Matériel électrique.

L'usine de Nancy, placée entre le canal de la Marne au Rhin et la voie ferrée, est établie sur de vastes terrains couvrant 60 000 mètres carrés d'un seul tenant.

L'usine de Nanterre est spécialisée dans la construction des machines de faible puissance et de l'appareillage.

L'usine de Nantes, construite sur des terrains dont la superficie atteint 200 000 mètres carrés, est équipée suivant les principes les plus modernes. Elle s'occupe plus particulièrement du matériel destiné aux constructions navales, aux industries minières et métallurgiques, aux grosses centrales et à l'électrification des chemins de fer.

L'usine de Frouard, qui dispose d'une force hydraulique importante, fabrique les accumulateurs.

La Cie GÉNÉRALE ÉLECTRIQUE construit le matériel électrique et électromécanique de toutes puissances, depuis les petits moteurs d'usage courant jusqu'aux plus grosses unités des stations centrales : **génératrices et moteurs à courants continu et alternatif, transformateurs et commutatrices, accumulateurs, appareillage haute et basse tension**, etc.

Elle a étudié tous les problèmes concernant l'adaptation industrielle de l'énergie électrique : **pompes et ventilateurs, moteurs spéciaux pour l'industrie textile, appareils de levage et de manutention, éclairage électrique des wagons, équipement électrique des machines d'extraction, commande de laminoirs, matériel de traction, turbo-générateurs**, etc.

De ses ateliers sont sortis les moteurs d'une cinquantaine de sous-marins (types Pluviôse, Gustave-Zédé, etc.. moteurs de 150 à 900 chevaux) et le matériel complet de nombreuses stations de production ou de transformation haute et basse tension.

La Cie GÉNÉRALE ÉLECTRIQUE a récemment mis au point les **machines asynchrones synchronisées** qui trouvent de nombreuses applications pour le relèvement du facteur de puissance des réseaux de distribution.

Enfin l'usine de Frouard fabrique, suivant les procédés et brevets du célèbre constructeur américain Willard, les accumulateurs « **French-Willard** » à séparateur « *Threaded-Rubber* » dont l'incontestable supériorité est universellement reconnue pour l'équipement électrique des automobiles.

Pour assurer ses approvisionnements ou faciliter ses débouchés, la Cie GÉNÉRALE ÉLECTRIQUE possède de nombreuses participations dans des industries connexes : Fonderie, Laminoirs et Tréfilerie de Vitry-sur-Seine, Fonderie de Jarville, Compagnie française de Charbons pour l'Électricité, Société de Mécanique rotative, Société des Ateliers du Nord et Paris, Société nouvelle de la Manufacture de Porcelaines de Sainte-Foy-l'Argentière, Société d'Entreprises générales industrielles de l'Est et du Nord, Société Énergie-Éclairage, Société Énergie électrique de l'Est.

Bureaux à PARIS, 26, Rue La Fayette (9e)

Agences et Dépôts à : Bordeaux, Dijon, Lille, Limoges, Lyon, Marseille, Nantes, Reims, Rouen, Toulouse, Alger, Bruxelles, Barcelone.

Digitized by Google

SOCIÉTÉ ALSACIENNE
DE
CONSTRUCTIONS MÉCANIQUES

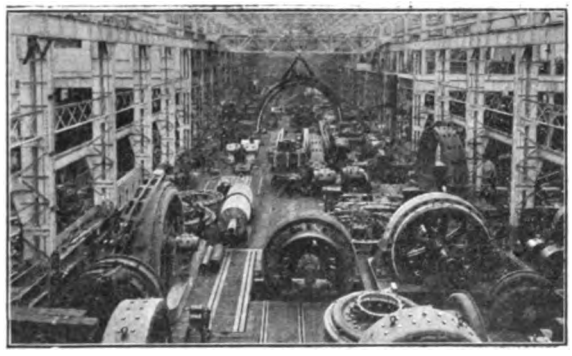
USINES DE BELFORT

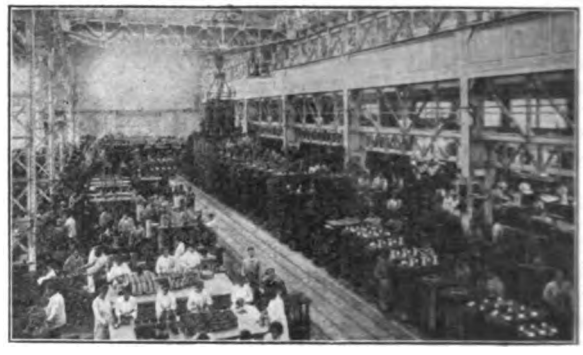
Les Usines que la Société Alsacienne de Constructions mécaniques exploite à Mulhouse, Graffenstaden et Belfort, occupent actuellement un personnel d'environ 15 000 ouvriers et employés.

La création de la plus ancienne de ces usines, celle de Mulhouse, remonte à 1826, date de sa fondation par Messieurs André Koechlin et Cie. Sous sa forme actuelle, la Société Alsacienne a été constituée en 1872 par la fusion de la Société André Koechlin et des Établissements de Graffenstaden. — Peu de temps après, en 1879, elle installait à Belfort une troisième usine pour la construction des locomotives, des chaudières et des machines à vapeur.

En 1886, au moment où l'électricité trouvait en France ses premières applications industrielles, la Société Alsacienne entreprit, à Belfort, la fabrication du matériel électrique. — Cette fabrication prit rapidement une très grande extension; aujourd'hui, sur 7 500 ouvriers qu'occupent les ateliers de Belfort, la moitié est affectée à la construction du matériel électrique. — Nous allons passer rapidement en revue les différentes catégories que comporte ce matériel.

Construisant elle-même, dans ses différentes usines, tout le matériel mécanique et électrique nécessaire : chaudières, machines et turbines à vapeur, moteurs à gaz, dynamos et alternateurs, appareillage et tableaux de distribution, la Société Alsacienne s'est trouvée à même, dès le début du développement de la transmission électrique de l'énergie, d'entreprendre l'installation complète des stations centrales, aussi bien pour réseaux de distribution publics que pour mines, usines métallurgiques et diverses, etc... jusqu'aux plus hautes puissances pratiquées dans le monde. La puissance du matériel actuellement en cours d'exécution pour l'installation de stations centrales dépasse 500 000 chevaux; il faut citer parmi ce matériel plusieurs groupes turbo-alternateurs de 50 000 chevaux de puissance unitaire et des groupes électrogènes à gaz à marche lente de 6'000 chevaux.


Atelier des grandes dynamos : Hall central.

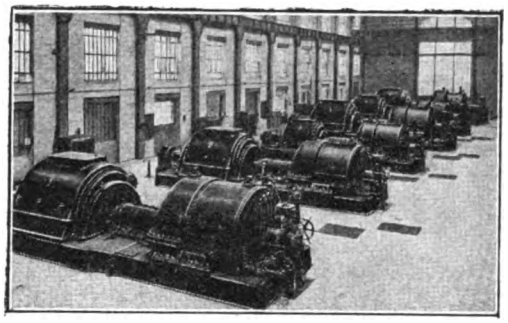

Atelier des transformateurs.

Outre le matériel mécanique et électrique entrant dans la composition des stations centrales, la Société Alsacienne construit tout le matériel électrique pour l'équipement complet des sous-stations de transformation depuis les transformateurs, groupes convertisseurs et commutatrices, jusqu'à l'appareillage électrique à haute et basse tension nécessaire à ces installations.

Atelier des petites dynamos. Vue d'ensemble.

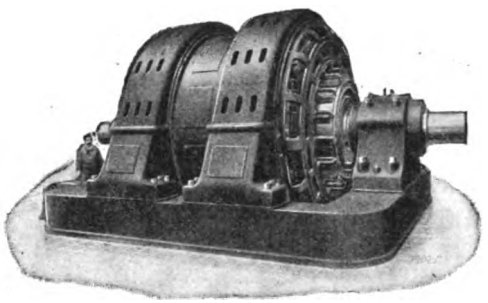
La Société Alsacienne s'est tout particulièrement spécialisée dans la construction de tout le matériel électrique néces-

Digitized by Google



Station centrale avec groupes turbo-alternateurs.
Puissance 50 000 chevaux.

saire aux grandes usines métallurgiques et elle a pris une part prépondérante dans l'introduction et le développement de la commande électrique pour l'outillage de ces usines. A titre de renseignement et pour montrer l'importance de la fabrication de ce matériel, nous pouvons dire que la puissance des moteurs électriques en cours d'exécution actuellement pour la commande des laminoirs représente environ 250 000 chevaux. Certains de ces moteurs, destinés à la commande des laminoirs réversibles, atteignent une puissance maximum de 25 000 chevaux. Il faut y ajouter les groupes convertisseurs à volant alimentant les moteurs réversibles et plusieurs milliers de moteurs de toutes puissances pour l'entraînement des rouleaux de laminoirs et la commande des appareils de levage, de manutention et de travail des lingots et produits divers.



Moteur réversible de laminoir à courant continu.
Puissance maximum 23 000 chevaux à 103 t : mn.

Pour les mines, la Société Alsacienne a développé une importante construction de matériel électrique spécial qui comporte la construction des treuils et machines d'extraction électriques, des moteurs à grande vitesse pour la commande des pompes d'épuisement, et des gros moteurs de ventilateurs et de compresseurs; plus de quarante machines d'extraction électriques sont, en particulier, en construction dans les ateliers de Belfort et représentent ensemble une puissance totale d'environ 60 000 chevaux.

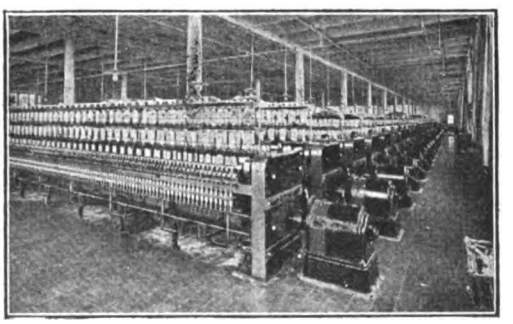
La coopération intime avec ses usines de Mulhouse qui construisent toutes les machines pour la filature du coton et de la laine, le tissage du coton, de la laine et de la soie et toutes celles destinées aux industries de l'impression, du blanchiment et de la teinture, permet à la Société Alsacienne de résoudre toutes les questions se rattachant à l'application de l'électricité à la commande des machines pour l'industrie textile. Les usines de Belfort ont actuellement en exécution, principalement pour la reconstruction industrielle des régions libérées, plus de 2 500 moteurs électriques étudiés spécialement pour la commande individuelle ou par groupes de ces machines.

En dehors des spécialités que nous venons d'énumérer, la Société Alsacienne a entrepris, depuis le début du développement des applications mécaniques de l'électricité et sur une vaste échelle, la construction en grande série des moteurs électriques utilisables dans toutes ces applications ; commande des machines-outils, appareils de levage, etc,.. Elle s'est appliquée dans cette fabrication, par un perfectionnement constant de son outillage, un contrôle minutieux de la qualité des matières premières, de l'usinage des pièces, de la fabrication des enroulements, etc..., à réaliser un matériel exceptionnellement robuste, capable de donner toute satisfaction aux industriels soucieux d'être assurés d'une marche régulière et d'une sécurité parfaite de leurs installations.

L'expérience de près d'un siècle que possède la Société Alsacienne dans la construction des locomotives et du matériel de chemins de fer devait lui être un guide précieux dans la fabrication du matériel de traction électrique. De nombreuses installations de réseaux de traction tant à courant continu qu'à courant alternatif ont déjà été exécutées par la Société Alsacienne qui, en outre, construit des locomotives électriques pour chantiers, mines, usines, traction sur les canaux, etc.

Enfin, une câblerie produit tous les genres de conducteurs nécessaires à la fabrication des machines électriques et aux installations électriques, y compris les câbles sous plomb armés à haute et basse tension pour les distributions souterraines et les câbles téléphoniques et télégraphiques.

Comme on le voit, les puissants moyens de production dont dispose la Société Alsacienne de Constructions Mécaniques et la coopération intime de ses diverses branches de construction, la placent au premier rang de la construction électrique française.



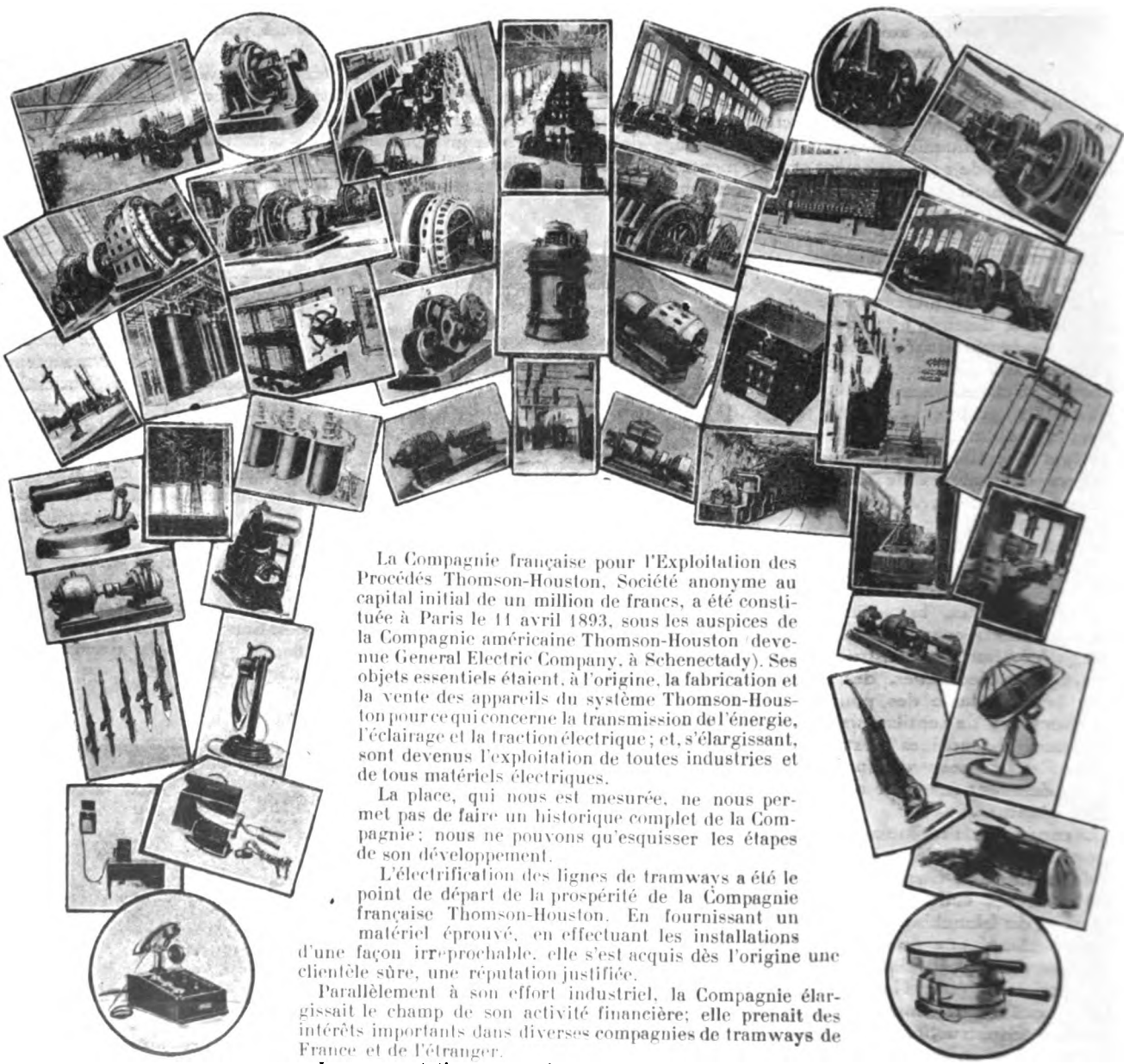
Métiers continus à filer le coton, commandés individuellement par moteurs à collecteur à variation de vitesse automatique.

Digitized by Google

COMPAGNIE FRANÇAISE

POUR L'EXPLOITATION DES PROCÉDÉS

Thomson-Houston



La Compagnie française pour l'Exploitation des Procédés Thomson-Houston, Société anonyme au capital initial de un million de francs, a été constituée à Paris le 11 avril 1893, sous les auspices de la Compagnie américaine Thomson-Houston (devenue General Electric Company, à Schenectady). Ses objets essentiels étaient, à l'origine, la fabrication et la vente des appareils du système Thomson-Houston pour ce qui concerne la transmission de l'énergie, l'éclairage et la traction électrique; et, s'élargissant, sont devenus l'exploitation de toutes industries et de tous matériels électriques.

La place, qui nous est mesurée, ne nous permet pas de faire un historique complet de la Compagnie; nous ne pouvons qu'esquisser les étapes de son développement.

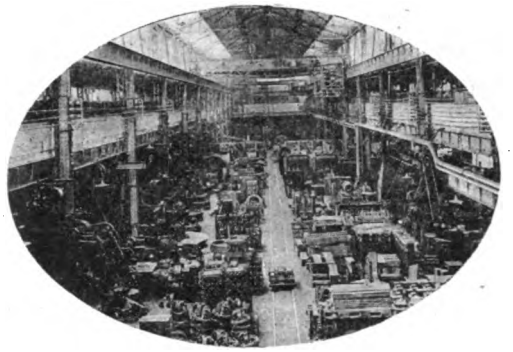
L'électrification des lignes de tramways a été le point de départ de la prospérité de la Compagnie française Thomson-Houston. En fournissant un matériel éprouvé, en effectuant les installations d'une façon irréprochable, elle s'est acquis dès l'origine une clientèle sûre, une réputation justifiée.

Parallèlement à son effort industriel, la Compagnie élargissait le champ de son activité financière; elle prenait des intérêts importants dans diverses compagnies de tramways de France et de l'étranger.

Les augmentations successives de capital jalonnent les étapes de cet essor; porté à 5 millions de francs en 1894, le capital actions passe en 1897 à 25 millions; en 1898, à 40 millions; en 1899 à 60 millions. On sait qu'il atteint aujourd'hui 200 millions de francs.

A partir de 1900, d'ailleurs, les efforts de la Compagnie se portent dans des directions nouvelles; les applications de l'électricité se multiplient, en effet : création de grandes centrales, premiers essais d'électrification de voies ferrées, utilisation de l'électricité dans l'outillage des industries minières et métallurgiques, développement de la téléphonie automatique et privée, apparition de l'électricité médicale et des usages domestiques de l'électricité : autant de fabrications nouvelles

Digitized by Google



Usine Lecourbe

aux grands lacs italiens ; des lignes de montagne Gap-la-Mure et Grenoble-le-Vilard-de-Lans.

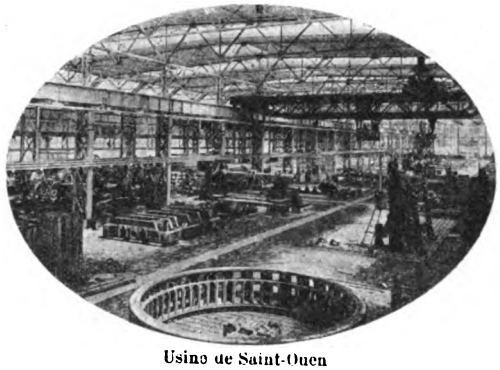
Son activité s'étend, d'autre part, aux installations téléphoniques : elle installe, entre autres, le multiple interurbain de la rue des Archives, les centraux ou multiples téléphoniques de Paris (Roquette, Nord, Passy, Saxe, Auteuil, Elysée, Fleurus, Nation) ; de Béziers, Dunkerque, Besançon, Clermont-Ferrand, Vincennes, Versailles ; les centraux de Bordeaux, Lyon Rive droite, Reims, Roubaix ; les réseaux automatiques de Nice, d'Orléans et de Luxembourg ; les réseaux automatiques privés d'un nombre important d'Administrations publiques, de Sociétés, de Banques et de grands Magasins.

Nous ne citerons que pour mémoire les fournitures de matériel électrique aux exploitations minières et métallurgiques et, enfin, les lampes, les appareils d'électricité médicale, les appareils à usage domestique, toutes spécialités pour lesquelles elle dispose, de même que pour le gros matériel, d'un véritable arsenal de brevets.

On sait, en effet, qu'en dehors des inventions faites par ses ingénieurs, la Compagnie française Thomson-Houston bénéficie de la totalité des inventions et perfectionnements réalisés par les puissantes sociétés américaines avec lesquelles elle a passé des traités.

En prévision des travaux considérables que le programme d'électrification du pays va nécessiter, la Direction de la Compagnie s'est préoccupée de l'élargissement des moyens d'action qui lui seront nécessaires pour remplir le rôle important que sa situation lui réserve. Elle pousse activement la construction de l'Usine de Saint-Ouen, la plus remarquable de toutes celles que l'Industrie électrique française aura mises jusqu'ici sur pied.

Assurée d'une collaboration de plus en plus étroite avec la General Electric Company, et également avec la Western Electric Cᵉ, bénéficiant de toutes les inventions réalisées par les ingénieurs de ces puissantes sociétés, jouissant, d'autre part, d'une pleine autonomie technique et financière, la Compagnie française pour l'Exploitation des Procédés Thomson-Houston réalise la plus heureuse formule d'association scientifique et industrielle entre les méthodes françaises et américaines.



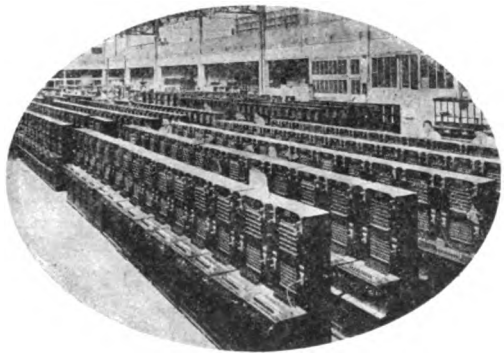
Usine de Saint-Ouen

que la Compagnie entreprend et dans chacune desquelles elle se crée une légitime notoriété.

La guerre surprend la Compagnie en plein développement ; elle ne l'atteint que passagèrement, car, aux affaires normales, se substituent celles provoquées par les besoins de la Défense nationale. Et, en définitive, les difficultés de cette période auront pour résultat un accroissement des moyens de production, et un sensible perfectionnement de l'organisation et des méthodes.

En 1918, une double opération, conçue en fonction de la nécessité nouvelle qui impose aux grandes industries de se concentrer pour augmenter leur puissance de production, s'effectue avec un plein succès ; d'une part, le capital est doublé et passe de 60 à 120 millions de francs ; d'autre part, la fusion est réalisée entre la Thomson et « l'Eclairage électrique », Société qui, par les progrès de sa fabrication et de son activité commerciale, ainsi que par son considérable effort industriel pendant la guerre, avait conquis un rang des plus honorables parmi les principales firmes de construction électrique.

La Compagnie Thomson-Houston va prendre dès lors, avec ses neuf usines spécialisées (Vaugirard, Favorites, Lecourbe, Suresnes, Colombes, Neuilly, Bolivar, Jarville, Lesquin), sa physionomie actuelle de très grande entreprise.



Usine du Hameau

Nous terminerons ce rapide exposé en indiquant la situation présente de la Compagnie et les perspectives qui s'offrent à elle. Mais, auparavant, jetons un coup d'œil sur le travail accompli durant les 28 années de son existence.

Ce sont, d'abord, les électrifications de la plupart des réseaux de tramways de France et d'un grand nombre à l'étranger. Citons pour mémoire : Roubaix, Le Havre, Rouen, Amiens, Paris, Alger, Tunis, Lyon, Marseille, Nice et le Littoral, Belgrade, Cadix, Alexandrie, Naples, Florence.

Ce sont, ensuite, les fournitures de matériel ou les installations d'usines pour la distribution de l'énergie électrique : Centrale de l'Anglo-Romana à Rome, Usine de Phalère à Athènes ; Centrales de l'Energie-électrique du Littoral méditerranéen (Le Risso, Arles, Fontan, Sainte-Césaire, Arenc, la Brillanne, Ventavon, Saint-Tulle, Le Largue) ; Centrales de l'Energie électrique du Sud-Ouest. (Tuillière, Floirac, Mauzac) ; Centrales diverses : Alger, Châteauroux, Commine, Le Teil, Eget et Soulom ; dans la région parisienne : Centrale du Landy, de la Villette, de Vitry-sur-Seine, de Billancourt ; Centrale de Gennevilliers, la plus puissante d'Europe, dont le matériel électrique est en grande partie fourni par la Thomson-Houston ; et, enfin, pour le compte de l'Energie électrique de la Basse-Isère, Usine hydro-électrique de Beaumont-Monteux, la première usine française de grande puissance fournissant du courant à 120 000 volts.

Ce sont également les électrifications de lignes de chemins de fer, car ce n'est pas d'aujourd'hui que la question se pose et dès 1898, la Compagnie en était saisie par les grands réseaux. C'est elle qui installe la ligne de Paris-Orsay à Austerlitz et Juvisy ; qui équipe la ligne de Paris-Invalides à Versailles et contribue à l'équipement du tronçon Pau-Montrejeau ; qui assure l'électrification des 130 kilomètres de voie ferrée reliant Milan

Usine de Colombes

Digitized by Google

Forges et Ateliers de Constructions Électriques
DE JEUMONT

Société anonyme au Capital de 80 000 000 francs.

Siège social : **75, Boulevard Haussmann, PARIS (8e arr.)**

Fondés en 1898, les *Ateliers de Constructions électriques de Jeumont* s'étaient accrus rapidement et comportaient, en 1914, trois divisions : Ateliers, Fonderies et Aciéries, Câblerie et Tréfilerie. Toutes ces usines étaient installées à Jeumont (Nord), en bordure de la voie ferrée Paris-Liége et de la Sambre.

Occupés par l'ennemi dès le lendemain de la bataille de Charleroi, les Ateliers de Jeumont, bien que leurs bâtiments n'eussent que peu souffert, furent systématiquement pillés

Hall des machines à tailler les engrenages.

par les Allemands : les machines-outils (325 pour la seule division Ateliers), les installations de la Tréfilerie et de la Câblerie, furent démontées et expédiées en Allemagne, tandis que les machines et câbles en magasin étaient utilisés par l'ennemi et les machines en construction, dépouillées de leur cuivre.

Malgré ces conditions très défavorables, la Société, qui avait dès 1917 pu reprendre une partie de ses fabrications dans des Ateliers qu'elle avait installés à la Plaine-Saint-Denis (Seine), entreprit avec activité la remise en état de ses Usines de Jeumont, et y parvint si complètement, que dès la fin de 1920, la production d'avant-guerre était atteinte.

En août 1921, la fusion des *Ateliers de Constructions électriques du Nord et de l'Est* avec les *Forges et Ateliers de la Longueville* sous le nom de *Forges et Ateliers de Constructions électriques de Jeumont* est venue accroître le nombre des spécialités de la Société : charpente métallique et chaudronnerie en fer aux Usines de Feignies, boulons et rivets aux Usines de Levallois, limes et outillage aux Usines de Nancy et Rennes.

Les usines créées en 1917, à la Plaine-Saint-Denis, ont été spécialisées depuis dans la construction de l'appareillage électrique et des tableaux. De nouvelles usines sont en construction à Jeumont pour la fabrication des isolants moulés, qui, désorganisée par la guerre, reprendra prochainement avec plus d'extension.

USINES DE JEUMONT

Division Ateliers. — Elle comprend les Ateliers A et les Ateliers B. Les premiers construisent le gros matériel électrique et tout matériel spécial ; les autres sont limités à la fabrication des moteurs électriques de série. La division Ateliers occupe 1 200 ouvriers.

Division Fonderies et Aciéries. — Organisée pour produire des fontes et aciers de qualité supérieure, cette Division, qui occupe 500 ouvriers, produit mensuellement 250 tonnes de fonte et 300 tonnes d'acier, tant pour la clientèle que pour les besoins des autres divisions. Elle livre couramment des pièces de fonte de 50 tonnes et d'acier de 20 tonnes, brutes ou usinées, pour les applications les plus diverses.

Division Câblerie et Tréfilerie. — Cette division comprend :

1° Des laminoirs et une tréfilerie de cuivre produisant 10 000 kilogrammes de produits finis (fils, bandes, lames) par jour ;

2° Une câblerie, produisant par jour :

120 kilomètres de fils et câbles isolés ;

10 kilomètres de conducteur simple sous tresse ;

2 000 kilogrammes de fil guipé ;

5 000 mètres de câbles à un conducteur de section moyenne ;

2 000 mètres de câble triphasé haute tension ;

260 kilomètres de conducteurs élémentaires pour câbles

Grand hall de montage.

téléphoniques à conducteurs multiples, isolés sous papier et à circulation d'air sec.

La division Câblerie occupe 600 ouvriers.

USINES DE LA PLAINE-SAINT-DENIS

Cette division (Appareillage) construit l'appareillage électrique haute et basse tension, les tableaux, les équipe-

Digitized by Google

ments de traction électrique à contrôles et à unités multiples, etc.

Elle occupe 400 ouvriers.

De plus, les F. A. C. E. J., sont concessionnaires pour la France du matériel de la Compagnie américaine « Ohio Brass ».

USINES DE FEIGNIES

Ces usines (division charpentes métalliques) se consacrent à la construction de charpentes métalliques pour usines, appareils de levage, etc., chaudronnerie en fer, matériel roulant et fixe pour chemins de fer et tramways.

USINES DE LEVALLOIS-PERRET

Ces usines (division boulonneries) fabriquent des boulons, écrous et rivets en tous genres.

USINES DE NANCY ET DE RENNES (USINES DURLACH)

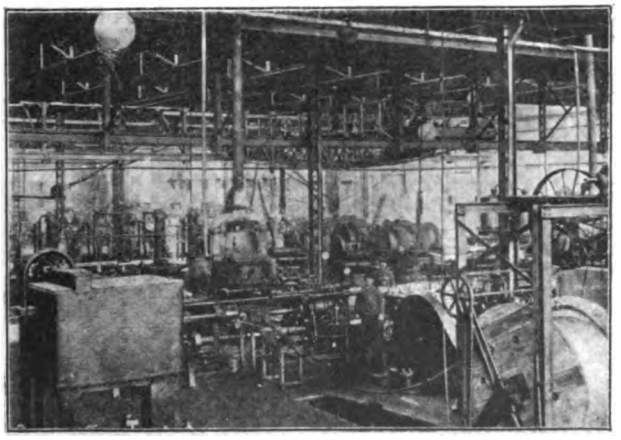
Ces usines (division limes et outillage) produisent des limes, des rapes, de l'acier à outil, des scies à métaux, du petit outillage.

∴

Dès avant la guerre, Jeumont avait acquis une place prépondérante pour la traction électrique (50 000 chevaux de moteurs de traction annuellement) ; son gros matériel pour centrales et sous-stations, notamment les turbo-alternateurs et les commutatrices, était également des plus appréciés. Les appareils de levage et de manutention, en particulier les ponts-roulants et les grues de port, formaient, d'autre part, une branche importante de l'activité des Ateliers.

Depuis l'armistice, les anciennes spécialités ont été continuées avec une extension nouvelle ; d'autres, auxquelles la reconstitution des régions dévastées donne une importance et une actualité particulière, ont été créées ou développées : telles les applications aux mines (machines d'extraction, treuils de fonçage, pompes d'exhaure, ventilateurs) et à la métallurgie (moteurs de laminoirs).

Les projets d'électrification des voies ferrées et d'utilisation des forces hydrauliques ont retenu également toute l'attention des F. A. C. E. J., qui, forts des succès obtenus



Câblerie, presses à plomb.

dans les applications réalisées jusqu'ici, se placent au premier rang des constructeurs français pour collaborer à la réalisation de ce programme grandiose.

∴

Parmi les récentes commandes faites aux F. A. C. E. J. et dont la plupart sont en cours d'exécution, il est intéressant de citer les suivantes :

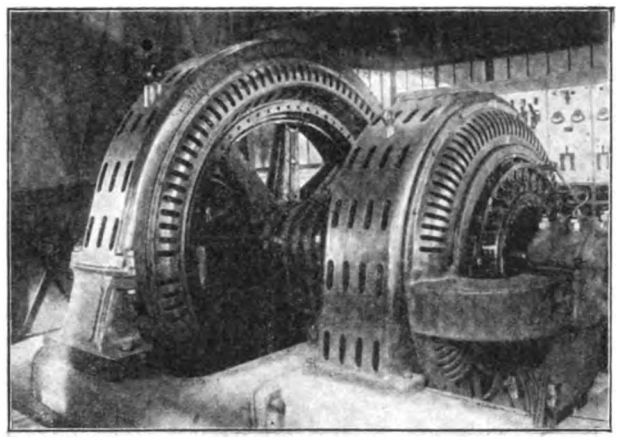
Turbo-alternateurs : Un turbo-alternateur de 15 000 kilowatts, 1 500 t : mn, triphasé, 10 250 volts, 50 p : s, pour la Société d'Electricité de Paris ;

2 turbo-alternateurs de 30 000 kilowatts, 1 255 t : mn, diphasé 12 500 volts, 41,33 p : s, pouvant donner 35 000 kilowatts à 1 500 t : mn, 50 p : s, pour la Compagnie parisienne de Distribution d'Electricité.

Commutatrices : 7 commutatrices hexaphasées, 1 000 kilowatts, 375 t : mn, 25 p : s, continu 650 volts, pour les chemins de fer de l'Etat ;

2 commutatrices hexaphasées, 1 000 kilowatts, 600 t : mn, 50 p : s, continu 575 volts, pour la Société d'Electricité de Reims ;

1 commutatrice diphasée, 3 000 kilowatts, avec moteur de démarrage asynchrone autosynchronisant, pour la Compagnie parisienne de Distribution d'Electricité.



Moteur de laminoir de 2 000 chevaux Senelle-Maubeuge.

Moteurs de traction et équipements à unités multiples : 124 moteurs de 170 chevaux, 600 volts, pour le chemin de fer Métropolitain de Paris ;

25 équipements à unités multiples pour le chemin de fer Métropolitain ;

25 équipements à unités multiples pour les chemins de fer de l'Etat.

Moteurs de laminoirs : Une vingtaine de moteurs, dont la plupart formés d'un moteur asynchrone et d'un moteur à collecteur en cascade pour des puissances atteignant 2 000 chevaux ; entre autres :

3 moteurs à Senelle-Maubeuge, 2 aux Forges et Laminoirs de Saint-Amand (Nord), 4 aux Aciéries françaises d'Aulnoye (Nord), 4 aux Aciéries du Nord et de l'Est à Louvroil (Nord).

Machines d'extraction : Une pour chacune des mines de Pechelbronn et Bessèges ; 2 pour les mines de Bens ; 3 pour les mines de Béthune, 5 pour celles de Bruay, 12 pour celles d'Anzin ; 2 treuils de plancher pour les mines de Wimy ; 6 machines d'extraction pour les mines de Bourges.

Grues : Outre les importantes installations d'avant-guerre pour les Chambres de Commerce de Bordeaux (17 grues de port) et de Nantes (11 grues), il y a lieu de citer 2 grues de cale pour les Chantiers de la Ciotat et ceux de la Gironde, 1 grue de 250 tonnes et un pont de 260 tonnes pour les Chantiers de la Gironde, 1 grue pour les Chemins de fer Paris-Lyon-Méditerranée, etc.

Enfin les F. A. C. E. J., ne perdent pas de vue l'importante et si actuelle question de l'amélioration du facteur de puissance, et viennent d'ajouter à leurs spécialités si connues de moteurs à collecteur triphasés et monophasés un type de moteur asynchrone compensé avec excitatrice polyphasée.

Digitized by Google

La Cie Electro-Mécanique

-o- -o- -o-

Déjà avant la guerre, le développement considérable pris par les industries électriques avait conduit certains constructeurs à se rapprocher dans le but d'augmenter leurs moyens d'action. Cette tendance n'a fait que s'accentuer depuis la guerre et c'est pour accroître ses capacités de production que la « Compagnie Electro-Mécanique » entra

Vue de la nouvelle usine du Bourget.

en pourparlers avec la « Société anonyme Westinghouse », pourparlers qui aboutirent rapidement à la fusion des deux sociétés. A l'expérience qui, grâce à la collaboration de longue date de la « Société Brown, Boveri et Cie » de Baden (Suisse), a établi le renom de la C. E. M., est venue ainsi s'ajouter celle de la « Société anonyme Westinghouse »: expérience appuyée du concours technique de la « Metropolitan-Vickers Electrical Co Ltd.» (Manchester) et de la «Westinghouse Electric International Cy » (Pittsburgh, Etat-Unis). Cette dernière a accordé à la C. E. M. l'exclusivité pour la vente de son matériel en France.

Les moyens de production considérables de la C. E. M. sont représentés par les 3 groupes que forment ses vastes usines au Bourget, au Havre et à Lyon.

Les usines du Bourget (23 hectares) sont plus particulièrement affectées à la construction du gros matériel : turbo-groupes électrogènes, turbines marines, turbo-groupes en tous genres, alternateurs, etc. Les installations récentes offrent un exemple remarquable de bâtiments industriels établis pour répondre aux conditions de la technique la plus moderne (voir « Génie civil », n° 2038 du 25 juin 1921).

A Lyon, les ateliers de fabrication proprement dits, destinés à la construction en série du matériel normal : moteurs et accessoires, transformateurs, etc., occupent, place de la Buire, une surface couverte de 8 000 mètres carrés. Des dépôts et magasins et certains ateliers de fabrications accessoires sont installés sur un terrain d'une surface totale de 12 hectares récemment acquis par la C.E.M. dans la commune de Villeurbanne.

Les moyens de production des deux usines précédentes ont été considérablement accrus par les usines du Havre que la C. E. M. a reçues en pleine activité de la « Société Anonyme Westinghouse ». Certaines fabrications dont l'usine du Havre s'est fait une spécialité, entre autres : commutatrices, alternateurs et transformateurs de toutes puissances, appareillage électrique et tableaux de distribution, complètent d'une façon particulièrement heureuse et efficace le matériel « C E M ». Ces usines occupent environ 14 hectares.

Déjà avant l'armistice, la C. E. M. et la « Société Westinghouse » avaient chacune de son côté travaillé activement au remplacement des machines détruites par les Allemands. Depuis la fusion des deux sociétés, le nombre des commandes de turbo-groupes, alternateurs, transformateurs, moteurs et matériel électrique de toute espèce destiné à la réorganisation des régions libérées, a été considérable et atteste la part prise par la C. E. M. au relèvement des régions du Nord et de l'Est de la France. Parmi tout ce matériel, une mention spéciale doit être faite pour les ma-

Hall des turbines. — Le Bourget.

Digitized by Google

chines d'extraction à commande électrique dont 76 ont été livrées à la « Commission technique des Houillères envahies » groupant les commandes des Mines de Lens, Aniche, Courrières, etc. L'ensemble de ces 76 machines permet une production journalière de 60 à 70 000 tonnes, et c'est grâce à elles que certaines des mines dévastées ont été à même de reprendre rapidement leur extraction.

L'activité de la C. E. M. n'a d'ailleurs pas été moindre dans d'autres régions et dans d'autres domaines. La branche « Turbines à vapeur » constitue, comme on le sait, une des plus anciennes spécialités de la C. E. M. et a, pour une grande part, contribué à établir sa réputation.

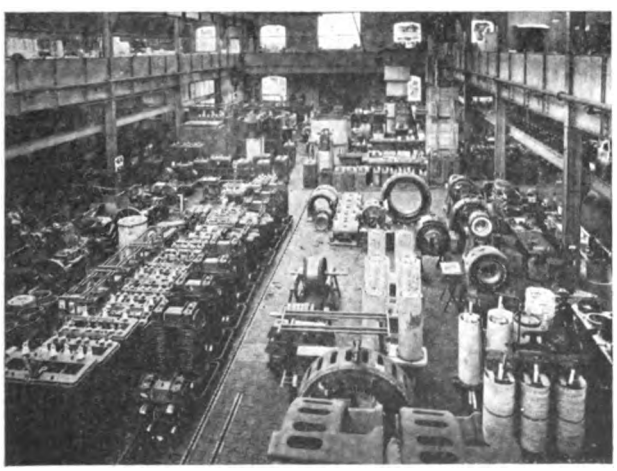
En ce qui concerne le matériel électrique normal, nous nous bornerons à donner une idée de l'importance de ces diverses fabrications en mentionnant que la puissance totale des transformateurs vendus par la C. E. M. depuis 1918 s'élève jusqu'ici à plus de 1 800 000 kv-a.

La C.E.M. n'a d'ailleurs pas cru devoir limiter là son activité et à l'heure actuelle, où le problème capital de l'électrification générale est à l'ordre du jour, elle a pris hardiment la tête du mouvement et se trouve particulièrement désignée pour jouer un rôle prépondérant dans la mise en valeur des réserves de houille blanche de notre pays.

Il importe, à ce propos, de noter que c'est à la C. E. M. que l'on doit la première réalisation sur le continent européen des transmissions d'énergie à très haute tension.

C'est ainsi qu'après avoir fourni au Ministère de l'Armement l'appareillage à 120 000 volts des Centrales du Louron dont les travaux ont été interrompus par l'armistice, la C.E.M. a reçu de la « Compagnie des Chemins de Fer du Midi » une très importante commande de matériel pour l'équipement des postes à 150 000 volts destinés à l'électrification de ce réseau. Cette transmission d'énergie sera la première exécutée en Europe à cette tension. La fourniture de la C.E.M. comporte :

5 postes de transformation prévus pour *montage en plein air* et comprenant dans leur ensemble 25 transformateurs d'une puissance unitaire de 6 660 kv-a, 150 000 volts et 13 parafoudres électrolytiques pour le réseau 150 000 volts, ainsi que 6 groupes alternateurs d'une puissance totale de 62 000 kv-a fonctionnant comme compensateurs synchrones de phase.



Hall des transformateurs. — Lyon.

Grand hall de montage. Plate-forme d'essai. — Le Havre.

Les sous-stations de traction de la ligne Montréjeau-Pau commandées également à la C. E. M. comprennent :

7 groupes transformateurs-commutatrices de 750 kw de puissance unitaire, 60 000 volts côté courant alternatif, 1575 volts côté courant continu et 16 groupes transformateurs-redresseurs à vapeur de mercure d'une puissance unitaire de 1 200 kw pour la même tension.

La C.E.M. a fourni également une large contribution au développement technique de la traction électrique dans notre pays, ainsi qu'en témoignent les locomotives électriques d'une puissance unitaire de 800 chevaux livrées au chemin de fer de Paris à Orléans, l'équipement de nombreuses lignes de tramways et de chemins de fer d'intérêt local en France et aux colonies, ainsi que la livraison de nombreux équipements pour l'éclairage électrique des trains (2600 au P.O.).

Nous bornerons là ce rapide exposé des divers domaines dans lesquels s'exerce l'activité de la C.E.M. Poursuivant le mouvement de progression continue qui caractérise ses efforts depuis plus de trente ans, cette société a pris finalement une des premières places dans l'industrie au moment même où l'énorme développement des applications électriques ouvre des champs d'action pour ainsi dire illimités.

Digitized by Google

COMPAGNIE

Pour la

Fabrication des Compteurs

ET MATÉRIEL D'USINES A GAZ

Société Anonyme au Capital de 36 Millions de Francs

16 et 18, Boulevard de Vaugirard, PARIS (XVe)

Créée en 1872 par M. MICHEL, l'Usine de Vaugirard de la *Compagnie des Compteurs* ne fabriquait jusqu'en 1888 que des compteurs d'eau.

A cette époque elle fusionna avec la *Compagnie pour la Fabrication des Compteurs et Matériel d'Usines à Gaz* qui fabriqua désormais des compteurs d'eau, de gaz et d'électricité.

Successivement, apparurent sur le marché les compteurs d'électricité système CAUDERAY, système FRAGER, puis les compteurs Elihu THOMSON et O'K en 1899.

Le compteur THOMSON primitif a été remplacé par les compteurs Modèle A, Modèle B et Modèle C dans le but d'augmenter le couple, de diminuer l'influence des courts-circuits sur les aimants et d'accroître la stabilité des pièces constitutives.

Pour le compteur O'K, la *Compagnie des Compteurs* a successivement modifié la forme des aimants qu'elle fait maintenant d'une seule pièce sans masses polaires, puis créé un nouveau modèle de dimensions très réduites, moins encombrant, moins lourd et moins coûteux, particulièrement approprié aux petites installations. Elle a de même établi un type de compteur ampèreheuremètre O'K applicable à la mesure des grandes intensités, en imaginant un mode de compoundage spécial.

Elle a également entrepris la construction d'un compteur O'K wattheuremètre.

Pour la mesure des courants alternatifs, elle a mis à l'étude et créé des compteurs d'induction ACT pour circuits monophasés à 2 et 3 fils, triphasés équilibrés ou non équilibrés à 3 et 4 fils et diphasés à 3 et 4 fils.

Désireuse de répondre à toutes les demandes des clients, elle a créé un modèle de changetarif s'adaptant sur tous les compteurs THOMSON O'K ou ACT.

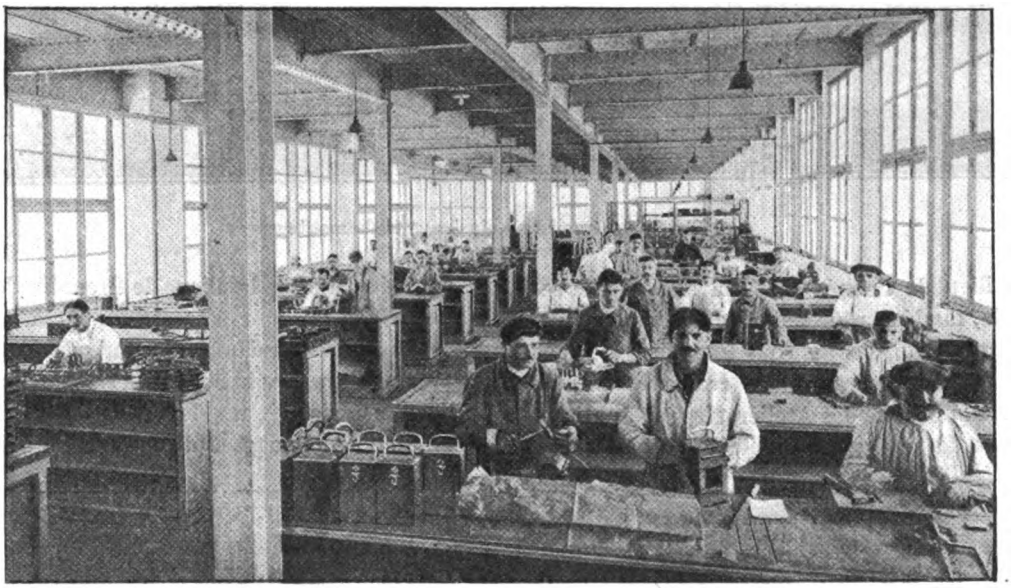
En 1901, la Compagnie reprenait la construction des appareils de mesure électrique de tous genres du Laboratoire Volta système MEYLAN-d'ARSONVAL.

Digitized by Google

Elle complétait la série des modèles à courant continu; en particulier, on peut citer les appareils de grandes dimensions avec échelle lumineuse visible des deux côtés et, à l'extrémité opposée, les plus petits calibres qui permettent l'emploi de ces appareils dans les moindres intallations.

Triomphant de difficultés qui n'avaient pu être surmontées jusque là, elle a créé toute la série des ampèremètres et voltmètres électromagnétiques à pièce de fer qui fournissent des indications indépendantes de la fréquence et peuvent être employés également sur courant continu et sur courant alternatif.

Citons encore la création des appareils enregistreurs à déroulement continu, des wattmètres indicateurs d'induction, des enregistreurs thermiques électromagnétiques et d'induction dans lesquels on a appliqué un nouveau mode de suspension de la plume qui augmente la sensibilité en rendant les frottements négligeables.



Enfin, la Compagnie a étudié et établi les modèles des appareils suivants :

Ondographe Hospitalier, Fluxmètre Grassot, Tellurohmmètre Berland, Perméamètre Iliovici, appareils permettant aux industriels d'effectuer des mesures qui, jusque là, étaient exclusivement du domaine des Laboratoires.

Elle a créé la fabrication de Rhéostats-transformateurs ordinaires et à déphasage variable, de relais pour courant continu et pour courant alternatif, d'indicateurs d'ordre de phase, de ponts de Wheatstone industriels et de laboratoire, d'un pont double pour la mesure des faibles résistances, etc.

Afin de pouvoir intensifier sa production et satisfaire aux demandes toujours croissantes de la clientèle, elle a entrepris, à Montrouge, la création de nouveaux ateliers très vastes et munis d'un outillage des plus perfectionnés,

Son capital social qui n'était que de 8 millions de francs en 1909 atteint aujourd'hui 36 millions de francs.

Digitized by Google

Ateliers NEYRET-BEYLIER & PICCARD-PICTET
Usines de BEAUVERT ·· GRENOBLE

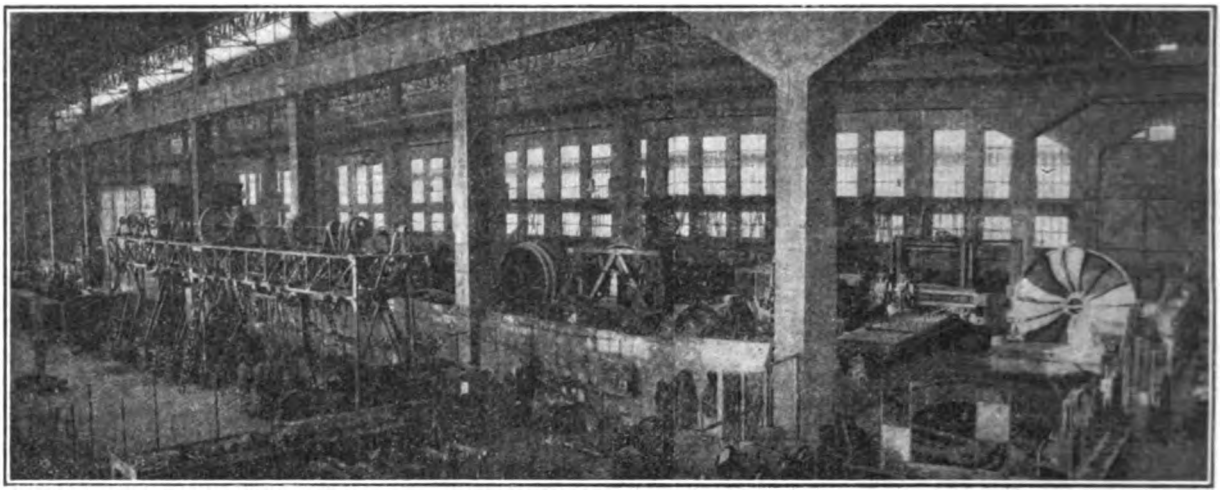


Fig. 1. — Grand hall d'usinage et de montage

Vers le milieu de l'année 1917, la Maison **Neyret-Beylier** et Cie, fondée en 1854, l'une des plus anciennes et la plus importante des maisons françaises de construction de turbines hydrauliques, créa avec de puissants concours la Société des Ateliers **Neyret-Beylier** et **Piccard-Pictet**. La nouvelle affaire disposait ainsi de la

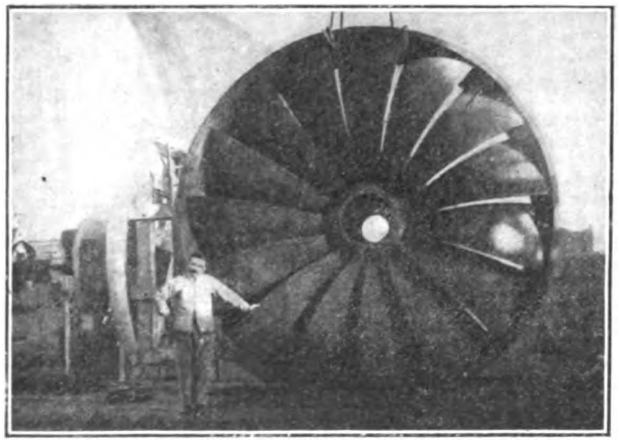


Fig. 2. — Roue mobile d'une turbine de 5 500 chevaux

très longue expérience acquise par la Maison **Neyret** dans cette branche en même temps que des brevets, archives et procédés **Piccard-Pictet**. Restait à édifier des usines permettant de mettre en valeur ces éléments techniques de premier ordre. Ce fut l'œuvre des années 1918 et 1919, au cours desquelles furent construites et équipées, dans la banlieue de Grenoble, les vastes usines de Beauvert.

Ces usines, qui purent heureusement être achevées avant les grandes hausses de 1920, comprennent un atelier de modelage, une fonderie de fonte et de bronze et un atelier d'usinage et de montage, le tout occupant une

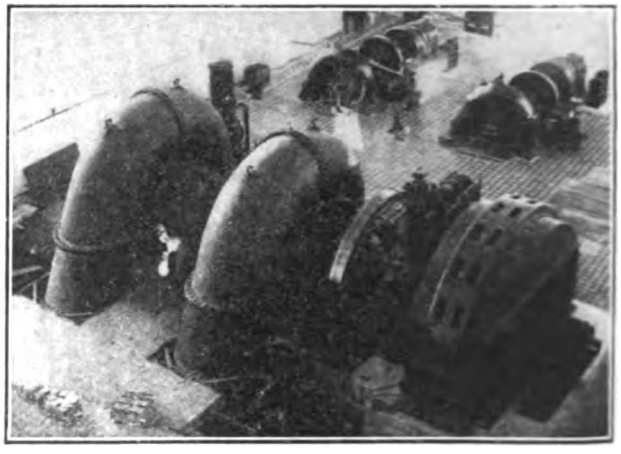


Fig. 2. — Vue d'une turbine de 10 000 chevaux

surface d'environ 13 000 mètres carrés couverts, avec possibilités d'extension considérables, la Société possédant autour de ses usines un ensemble de terrains représentant 325 000 mètres carrés.

Rien ne fut négligé pour adapter parfaitement ces ateliers au but spécial qui leur est assigné et qui est

Digitized by Google

exclusivement, pour le moment du moins, la construction des turbines hydrauliques et de tous les appareils de mécanique hydraulique se rattachant à l'équipement des chutes d'eau.

Les moyens de fonderie, d'usinage et de manutention mécanique furent spécialement étudiés en vue des grandes unités sous hautes et basses chutes pour lesquelles la Société **Neyret-Beylier** et **Piccard-Pictet** est particulièrement spécialisée.

Le grand hall d'usinage et de montage en particulier, avec 120 mètres de long et 50 mètres de large, ponts-roulants surélevés pour la manutention de pièces de 50 tonnes et de très grand encombrement, fosses d'équilibrage, etc..., forme un ensemble dont la photographie ci-contre ne donne qu'une faible idée (fig. 1).

Sainte-Tulle (Basses-Alpes) appartenant à l'Energie électrique du Littoral méditerranéen. (fig. 3).

Parmi les turbines actuellement en cours de fabrication à Beauvert, citons les turbines Pelton de 12 000 chevaux de l'usine de Viclaire, pour la Société de la Haute-Isère et trois turbines Francis à axe vertical de 15 000 chevaux de l'usine d'Eguzon, pour l'Union hydro-électrique. Comme turbine Pelton **Neyret-Beylier**, nous donnons ci-contre la photographie d'une des sept turbines de 5 000 chevaux sous 710 mètres de l'usine d'Eget (Hautes-Pyrénées) (fig. 4) appartenant à la Compagnie des Chemins de fer du Midi, turbines qui, aux essais officiels effectués par la Compagnie, ont donné les rendements suivants : 87,9 à pleine charge, 88,5 à 3/4 de charge, 85,5 à 1/2 charge.

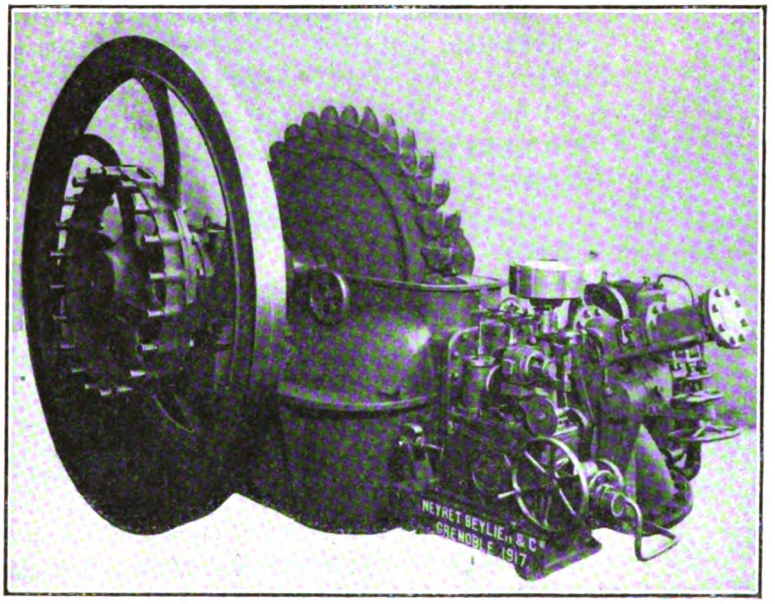


Fig. 4. — Turbine Pelton de 5 000 chevaux

Dans l'enceinte de l'usine est installée une station d'essais dans laquelle des recherches extrêmement importantes ont déjà pu être effectuées soit sur les turbines à basse chute, soit sur les régulateurs de vitesse.

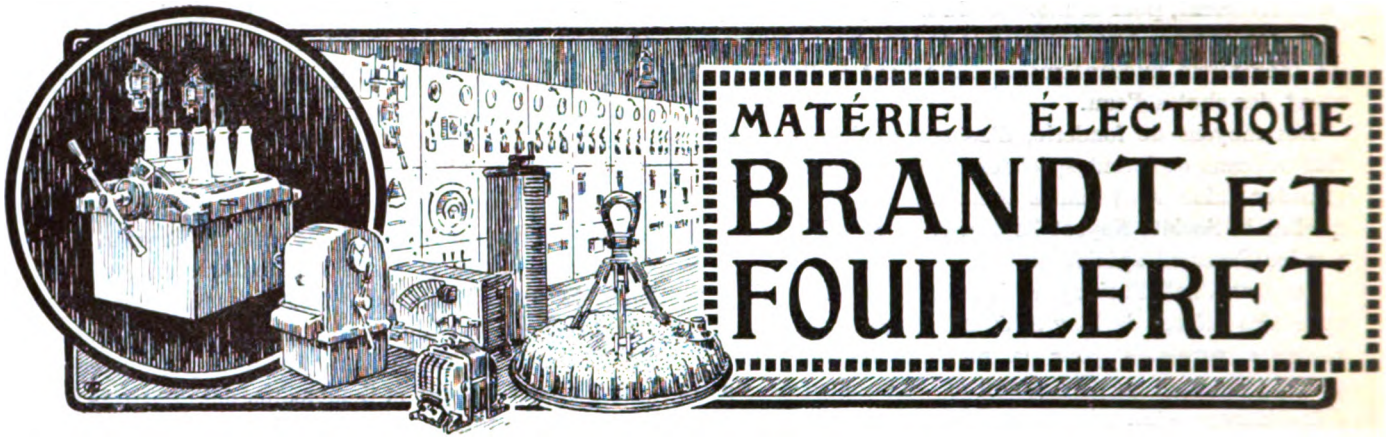
Les premières grandes unités sont sorties des ateliers de Beauvert en avril 1921. Parmi celles-ci citons les turbines de 5 500 chevaux, sous 10,20 mètres de chute, de l'usine de Beaumont-Monteux appartenant à l'Energie électrique de la Basse-Isère. Nous donnons ci-contre la photographie de la roue mobile d'une de ces machines (fig. 2) roue qui est parmi les plus grandes et les plus rapides qui aient été exécutées en Europe.

Nous donnons également une photographie d'une turbine **Neyret-Beylier** de 10 000 chevaux, sous 34 mètres de chute, en marche depuis l'été 1921 à l'usine de

Ajoutons en terminant que les institutions sociales ont été largement étudiées dans l'organisation des ateliers de Beauvert et que de nombreuses institutions y fonctionnent, soit spéciales aux usines, soit communes aux industries métallurgiques de la Région, telles que : sursalaire familial, primes de naissances, cours et leçons pour les apprentis, maisons ouvrières, jardins ouvriers, habitations à bon marché, société de secours mutuels contre la maladie, rééducation des mutilés, retraites ouvrières supplémentaires, etc...

La construction et la mise en marche des usines de Beauvert, dans les circonstances si difficiles que nous venons de traverser pendant ces quatre dernières années, permet de bien augurer de l'avenir pour elles et pour l'Hydraulique française, en tête de laquelle elles doivent marcher.

Digitized by Google



MATÉRIEL ÉLECTRIQUE
BRANDT ET FOUILLERET

Les Établissements **BRANDT et FOUILLERET, 23, Rue Cavendish, à PARIS,** ont été créés en 1906 par leurs Propriétaires actuels.

Les importantes usines qu'ils dirigent, **à PARIS, à PANTIN, à VILLENEUVE-SAINT-GEORGES, à LONGUEVILLE et à DREUX,** dotées d'un outillage moderne, sont spécialisées chacune dans la fabrication des catégories d'appareils d'une même famille et destinés à des applications de même nature.

La collaboration et la liaison intimes des divers services par le jeu d'un organisme central sous une direction unique, les méthodes techniques d'unification qui y sont appliquées ont permis d'établir des séries normales d'appareils bien graduées, bien homogènes, d'exécution irréprochable et répondant à tous les besoins.

Le constant souci d'apporter à l'étude et à la construction des appareils les qualités de simplicité, de robustesse et de sécurité de fonctionnement a valu à ces Établissements une réputation incontestée, cause déterminante de la prospérité dont ils jouissent à l'heure actuelle.

Parmi les fabrications les plus intéressantes, il convient de mentionner:

Les **Interrupteurs** et **Disjoncteurs** pour toutes intensités et toutes tensions, à rupture dans l'huile ou dans l'air, avec ou sans soufflage magnétique.

Les **Rhéostats**, les **Démarreurs** pour tous régimes et toutes puissances, à résistances dans l'air ou dans l'huile.

Les **Controllers** et tout le **Matériel blindé** pour les machines-outils, les appareils de levage, la traction; pour les industries textiles, chimiques, minières et métallurgiques.

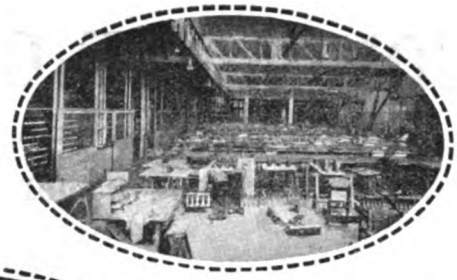
Les **Appareils de protection** pour toutes tensions et toutes applications.

Les **Tableaux de distribution** pour le service des plus petites génératrices ou moteurs aussi bien que pour celui des plus importantes stations centrales.

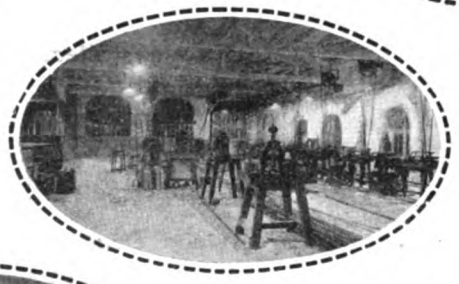
Les **Postes de transformation**, les **Cabines haute tension** et, d'une manière générale, **tout l'appareillage électrique normal ou spécial.**

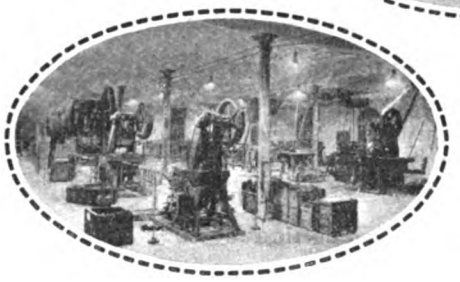
Digitized by Google

L'**Appareillage automatique,** qui trouve de si nombreuses applications dans la commande des pompes et compresseurs, des machines-outils, des machines à imprimer, des machines à papier et calandres, des machines d'extraction, des rideaux et fermetures, des plans inclinés, des monte-charges et ascenseurs, des appareils de levage et de manutention, des appareils pour le chargement des hauts-fourneaux et pour le service des aciéries, etc ..



Les **Appareils magnétiques** qui comprennent en particulier : les électro-aimants de frein et de manœuvre à distance, les électro-aimants de levage pour la manutention de tous matériaux magnétiques, les mandrins et tables à adhérence magnétique pour les machines-outils, les embrayages et les limiteurs d'effort, les presses et aussi les trieuses pour l'enrichissement des minerais, pour le triage des liquides, des pâtes, des graines, des sables, des poussières, etc...





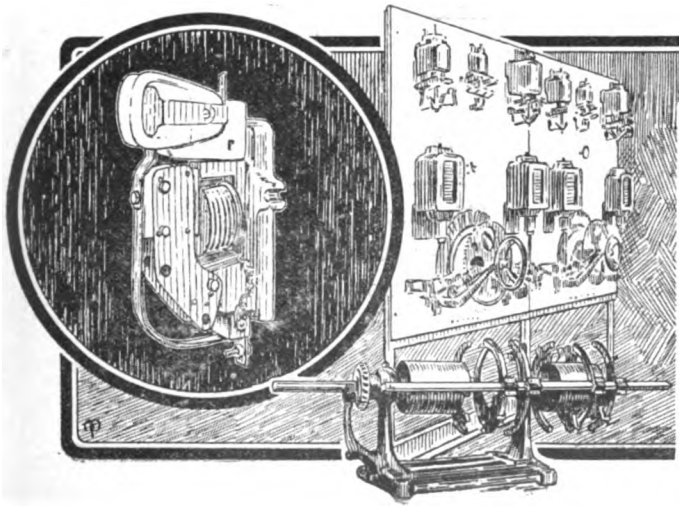
Le **Soudage électrique** constitue encore une des branches de l'activité de ces Établissements qui fabriquent en séries normales des machines à souder par points, en lignes continues et en bout ainsi que les machines à chauffer les rivets et les postes de soudage à l'arc.

Les **Appareils de chauffage électrique** pour leurs multiples applications domestiques et industrielles.

Les **Appareils d'éclairage rationnel** scientifiquement conçus, rigoureusement exécutés et qui permettent, grâce à leur haut rendement, une économie de 35 à 50 pour 100 sur les dispositifs habituellement en usage. Les réflecteurs, les diffuseurs, les projecteurs sont établis pour répondre à tous les besoins de l'éclairage public ou privé et les références sont nombreuses de leurs applications à l'éclairage des bureaux, des magasins, des ateliers, des chantiers, des théâtres, des façades, des grands espaces aussi bien que de leurs utilisations dans les cas spéciaux de l'automobile, de l'aviation, de la médecine, des recherches sous-marines, etc...

Cet exposé, forcément succinct, permet, cependant, de montrer que la diversité des fabrications des Établissements BRANDT et FOUILLERET s'étend à toutes les applications de l'industrie électrique. Le personnel technique attaché aux services commerciaux, aux études, aux essais, aux travaux de recherches (plus de 60 techniciens et ingénieurs) leur permet de répondre très rapidement à toutes les questions et de réaliser d'une manière parfaite tous appareils nouveaux.

Les quelques photographies jointes montrent des ensembles et des intérieurs des principales usines.



RÉSUMÉ DE NOS FABRICATIONS

INTERRUPTEURS
DISJONCTEURS
COMMUTATEURS
RHEOSTATS
DÉMARREURS
CONTROLLERS
TABLEAUX DE DISTRIBUTION
APPAREILLAGE BLINDÉ

APPAREILLAGE AUTOMATIQUE
ELECTROS DE FREIN
ÉLECTROS DE LEVAGE
TRIEURS, MANDRINS
EMBRAYAGES, MAGNÉTIQUES
MACHINES A SOUDER
CHAUFFAGE ÉLECTRIQUE
ÉCLAIRAGE RATIONNEL

TOUT L'APPAREILLAGE ÉLECTRIQUE
HAUTE ET BASSE TENSION

Digitized by Google

COMPAGNIE GÉNÉRALE D'ÉLECTRICITÉ

SOCIÉTÉ ANONYME AU CAPITAL DE 60 MILLIONS DE FRANCS

Siège Social à PARIS, 54, rue La Boétie (8e)

La **Compagnie générale d'Électricité** possède, outre le contrôle de l'exploitation de nombreuses distributions d'énergie électrique dans des centres importants en France et à l'Étranger, une série de Branches de fabrication d'articles divers employés dans l'industrie électrique.

Fondée en 1898, elle s'est rapidement développée; ses propres établissements et ses ramifications constituent aujourd'hui un des plus importants groupements de l'industrie française.

Son activité s'exerce dans les domaines suivants :

Études et Travaux :
Installations industrielles,
Usines hydroélectriques.

Entreprises électriques :
Stations centrales,
Transmission d'énergie.

Distribution d'Énergie électrique.

Métallurgie du Cuivre et de l'Aluminium :
Fils, câbles, bandes et planches,
Laitons de tous titres,
Aluminium,
Toiles métalliques pour papeterie,
Traits or et argent faux.

Câbles électriques :
Câbles électriques sous plomb et armatures diverses,
Fils émaillés.

Appareillage électrique :
Pour haute, moyenne et basse tension.

Constructions électriques :
Moteurs,
Transformateurs,
Régulateurs.

Accumulateurs électriques.

Porcelaines électrotechniques :
Pour haute et basse tension.

Isolants et Objets moulés :
Bacs d'accumulateurs,
Pièces pour magnétos,
Articles pour photographie,
Pièces moulées et isolants en tous genres.

Constructions mécaniques.

Matériel de Freins.

Articles métalliques :
Clous d'ameublement,
Clous pour sellerie et bourrellerie.

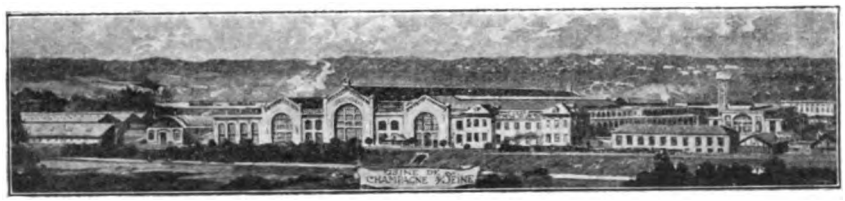
Fonderies :
Toutes pièces de fonderie de bronze ou de fonte.

Succursales : à LYON, 38, Cours de la Liberté;
à STRASBOURG, 13, rue Déserte;
à BRUXELLES, 146, rue de Mérode;
à BORDEAUX, 35, rue René-Roy-de-Clotte;
à LILLE, 287 *bis* et 289, rue Solférino;
à NANTES, 3, rue Newton;
à METZ, 27, avenue Foch;
à TOULOUSE, 7, rue du Sang de Serp;
à ALGER, 2, rue Lulli.

Digitized by Google

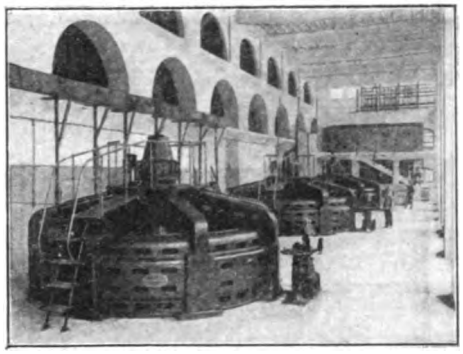
SCHNEIDER & Cie

Siège Social et Direction Générale, 42, Rue d'Anjou, PARIS (8e)

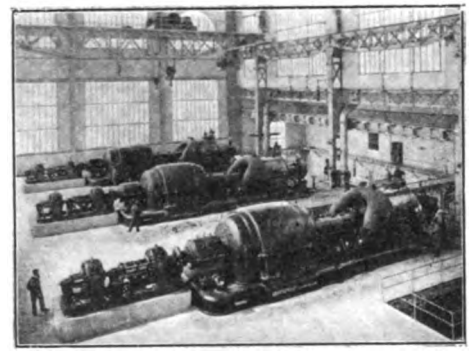


Usine de Champagne-sur-Seine

MM. Schneider et Cie ont commencé, il y a environ 35 ans, les fabrications électriques à leur usine du Creusot; leur exécution basée d'abord sur les conceptions réputées de Ganz et Thury prit rapidement son caractère propre ; de nombreuses machines datant de cette époque sont encore en fonctionnement et leur construction simple et robuste ne paraît pas archaïque au milieu d'installations modernes.



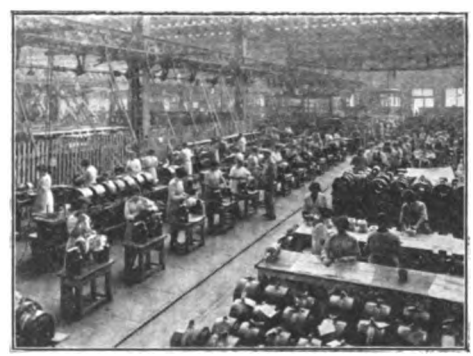
Station centrale hydro-électrique



Station centrale à vapeur

En 1902, le Service de Constructions électriques fut transporté aux Ateliers nouvellement construits de Champagne-sur-Seine, et cette transformation coïncida avec l'essor général des industries électriques : les applications de la houille blanche dans les Alpes, les sous-stations du Métropolitain, les premières centrales à groupes turbo-alternateurs et à gaz donnèrent à la jeune usine, servie par un outillage puissant, un vaste champ d'action.

Actuellement l'usine de Champagne-sur-Seine exécute le matériel électrique de moyenne et grande puissance : moteurs de laminoir jusqu'à 20 000 chevaux ; turbo-alternateurs de 50 000 chevaux (quatre actuellement en construction); alternateurs jusqu'à 6 000 chevaux actionnés par moteurs à gaz; commutatrices jusqu'à 3 000 kilowatts, pour les réseaux de distribution et de traction; moteurs synchrones pour commande de compresseurs et relèvement du facteur de puissance; machines d'extraction de toutes puissances ; locomotives électriques et pétroléo-électriques ; ponts roulants, grues, cabestans, etc. La puissance totale de production annuelle de l'usine est d'environ : **400 000 kilowatts.**



Usine de la Londe-les-Maures. — Petits moteurs en grande série.

Dès la cessation des hostilités, MM. Schneider et Cie ont adapté à la fabrication du petit matériel électrique leurs anciennes usines d'artillerie d'Harfleur et de la Londe-les-Maures ; la transformation fut particulièrement rapide et, actuellement, la construction complète des petits moteurs jusqu'à 25 chevaux est répartie entre ces deux usines dont la production annuelle peut atteindre environ : **20 000 moteurs** En outre, l'usine de la Londe-les-Maures construit en grande série de petits transformateurs à consommation extra-réduite; plusieurs milliers sont actuellement en exécution pour une grande société de distribution.

La variété des constructions de MM. Schneider et Cie et les puissants moyens dont ils disposent dans les domaines de la Métallurgie et de la Mécanique leur permettent de résoudre, sans difficulté, tout problème de production et d'application de l'électricité.

Digitized by Google

COMPTEURS "BT"

Brevetés S. G. D. G. — Approuvés par l'État

Atelier de Bobinage

Spécialisée depuis 1902, date de sa fondation, dans la fabrication du compteur d'induction la **Compagnie de Construction électrique** occupait alors des ateliers d'une superficie de 360 m² et produisait annuellement 1 500 appareils.

Un des Ateliers de Montage.

L'extension sans cesse croissante des distributions d'énergie électrique autant que la réputation acquise auprès des divers secteurs parisiens et des principales stations de province ont créé à la **Compagnie de Construction électrique** l'obligation constante d'accroître ses moyens de production. — Ses ateliers couvrent aujourd'hui une superficie de 7 000 m²; et le nombre d'appareils en service dépasse un million.

L'importance de son outillage a permis à la **Compagnie de Construction électrique** d'établir et produire en série les appareils nécessaires à tous les modes de tarification actuellement usités pour la mesure de l'énergie électrique sur courants alternatifs.

Outre les compteurs de modèles récents pour courants monophasés et polyphasés dont la production est considérable, les appareils de fabrication courante sont les suivants :

Transformateurs de mesure, Limiteurs d'intensité, Compteurs d'énergie réactive, Compteurs horaires, Compteurs à dépassement, Compteurs à tarifs multiples, Indicateur de puissance maximum, Enregistreur de consommation pour transformateurs, etc., etc.

Atelier des Presses.

Une des Salles d'Étalonnage.

UNIS FRANCE

COMPAGNIE DE CONSTRUCTION ÉLECTRIQUE

Société anonyme au Capital de 1 500 000 francs

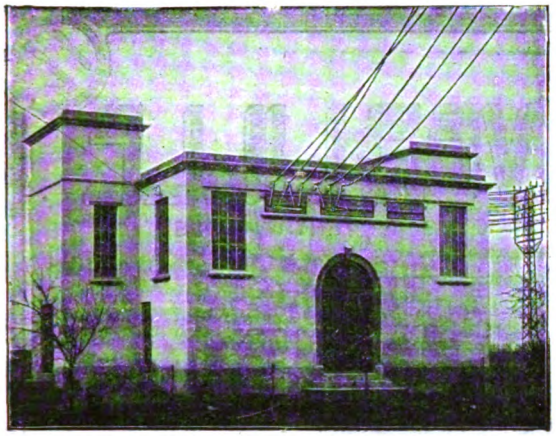
Adresse télégraphique : COMPTEURS-ISSY LES-MOULINEAUX

44, Rue du Docteur-Lombard, 44

ISSY-LES-MOULINEAUX (*Seine*)

Téléphone : SAXE 04-39

Digitized by Google



Poste de transformation de 2000 kw, 26000/550 volts

SOCIÉTÉ DE CONSTRUCTION ÉLECTRIQUE

LYON

La Société de Construction électrique, dont le siège social est 67, rue Molière, à LYON, a été fondée en 1899.

Cette Société, qui s'est principalement spécialisée dans l'entreprise générale des installations électriques, a pris, rapidement, ces dernières années, un développement des plus sûrs et des plus importants. C'est ainsi qu'elle a été amenée à collaborer, pour une bonne part, à la reconstruction électrique des régions envahies.

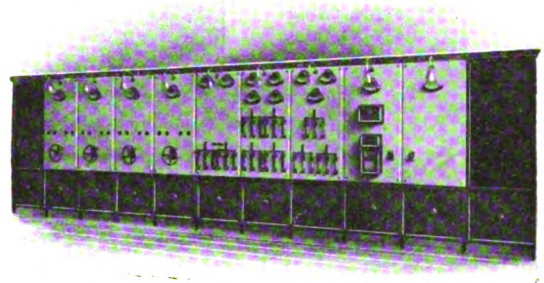
Pour donner une idée de son activité, nous dirons qu'elle effectue, en ce moment, des travaux intéressants :

1°) *En équipements de centrales :* Centrale des Mines de l'Escarpelle, 12000 kw ; centrale de la Cie Houillère de Bessèges, 10000 kw ; centrale des Forges et Aciéries de St-Étienne, 10000 ampères, etc.

2°) *En lignes haute et basse tension :* ligne 45000 volts pour la Cie des Bourbonnais ; lignes 30000 volts pour les Houillères de Ronchamp ; lignes haute et basse tension des secteurs de la Lanterne, Condrecourt, etc.

3°) *En sous-stations de transformation :* poste de Bazancourt semi-aérien, 45000/15000 volts, 6000 kw ; poste de Pont-de-Claix 26000/550 volts, 2000 kw, etc.

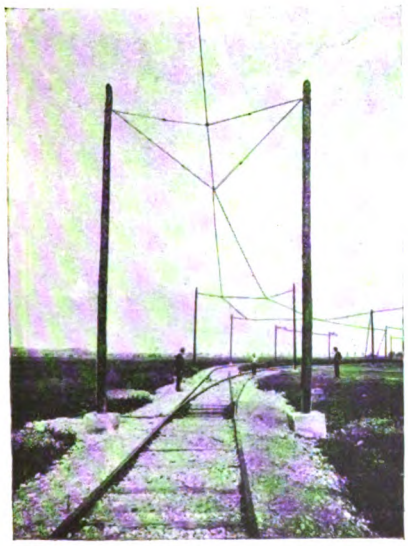
4°) *En électrification complète d'usines :* Usines du Tilleul à Maubeuge appartenant à la Cie Française du Matériel de Chemins de fer ; Usines de Noyelles-Godault de la Société minière et métallurgique de Pénarroya ; Usines des Établissements Kuhlmann à Marseille ; Câbleries et Tréfileries de Bourg ; Magasins et Entrepôts Descours et Cabaud à Vénissieux, etc.



5°) *Elle électrifie* les villages de Hénin-Liétard, Billy-Montigny, etc... dans le Nord et toute une région de l'Est, etc.

Elle s'est également spécialisée dans les questions d'aménagements électriques des réseaux de tramways puisqu'elle a électrifié les lignes de tramways de Marseille, Roanne, Lyon, Oran, Dijon, etc.

Enfin, la Société de Construction électrique se prépare à jouer un rôle important dans l'*électrification des chemins de fer.*



Les *Bureaux d'Etudes,* qui ont pris un beau développement et qui comprennent un personnel de tout premier ordre, sont à Lyon.

Elle a des *bureaux ou des agences* à Paris, St-Étienne, Lille, Nantes, Bordeaux, Marseille, Strasbourg, Oran et Barcelone.

La Société de Construction électrique s'est également spécialisée dans la question, si à l'ordre du jour, des protections, contre les surtensions, des centrales, des réseaux et des postes par les appareils « système Capart ».

Cette Société effectue le montage de tous ses tableaux, pupitres, etc... dans son *usine de la rue Racine, à Villeurbanne.*

Dans cette même usine, installée d'une façon tout à fait moderne, elle construit également des moteurs à courant alternatif ; moteurs mono, di et triphasés, moteurs à réducteur, moteurs à deux vitesses, moteurs pour métiers à tisser, groupes moto-pompes, sirènes électriques, etc, ainsi que l'appareillage correspondant.

Cette société occupe à l'heure actuelle une des meilleures places dans le monde des entrepreneurs d'installations électriques.

Digitized by Google

COMPAGNIE DE FIVES-LILLE

POUR CONSTRUCTIONS MÉCANIQUES ET ENTREPRISES

SOCIÉTÉ ANONYME AU CAPITAL DE 31.000.000 Frs.

SIÈGE SOCIAL
ET ADMINISTRATION
7, Rue Montalivet PARIS (8e)

MACHINES ÉLECTRIQUES
POUR TOUTES APPLICATIONS

INSTALLATIONS COMPLÈTES DE
SUCRERIES DE CANNES
ET DE BETTERAVES
RAFFINERIES, DISTILLERIES
BRASSERIES, MALTERIES

STATIONS CENTRALES
COMPLÈTES
GROUPES CONVERTISSEURS
INSTALLATIONS
DE SIÈGES D'EXTRACTION
LAMINOIRS

LOCOMOTIVES ET
MATÉRIEL ROULANT
POUR CHEMIN DE FER
WAGONS.
POMPES DIVERSES

ATELIERS
A
FIVES-LILLE (NORD)
ET A
GIVORS (RHONE)

TURBINES A VAPEUR
MACHINES ÉLÉVATOIRES
APPAREILS HYDRAULIQUES

MATÉRIEL DE MINES
LAVAGE DE CHARBONS

GÉNÉRATEURS SEMI-TUBULAIRES
ET CHAUDIÈRES MULTITUBULAIRES
STIRLING

PONTS ET CHARPENTES
MÉTALLIQUES

APPAREILS DE LEVAGE
ET DE MANUTENTION

MATÉRIEL D'ARTILLERIE
(GUERRE ET MARINE)
AFFUTS, TOURELLES

Digitized by Google

Etablissements Industriels de E. C. GRAMMONT et de Alexandre GRAMMONT

Société anonyme au Capital de 30 Millions de Francs

10, Rue d'Uzès à PARIS

Les Etablissements Grammont furent fondés en 1849, à Pont-de-Chéruy (Isère), par M. E.-C. Grammont.

A ses débuts, M. E.-C. Grammont s'occupa de la fabrication des fils d'acier pour aiguilles, du laminage d'acier pour cercles de crinolines et baleines de parapluies.

A cette petite tréfilerie fut annexé un atelier de laminage du laiton pour bijouterie, de l'or et de l'argent faux pour les ornements d'église et les fabriques de boutons.

Pour répondre aux besoins du marché, M. E.-C. Grammont ajouta à ses fabrications, le laminage du paillon en cuivre argenté et la tréfilerie du trait d'or et d'argent ; jusqu'en 1881, ce furent les articles de tréfilerie et de laminage qui occupèrent l'activité de la Maison Grammont.

Vers cette époque, l'Exposition universelle de Paris révéla les premières applications de l'Electricité.

M. Alexandre Grammont, collaborateur, puis successeur de son père, pressentant l'avenir réservé à cette nouvelle branche industrielle, n'hésita pas à orienter la plus grande partie de ses efforts vers l'Electricité.

Il devint rapidement un des fabricants les plus réputés et les plus importants de conducteurs électriques : fils et câbles nus pour transmissions d'énergie, fils spéciaux pour les téléphones et télégraphes, fils émaillés, bronze siliceux, téléphonique, fils trolleys, fils et câbles isolés de toute nature, câbles armés, etc, etc.

Une Usine spéciale pour la fabrication des câbles télégraphiques sous-marins fut créée à Saint-Tropez (Var).

Aujourd'hui, les fils et câbles électriques Grammont sont universellement connus et réputés, les Etablissements Grammont ayant toujours été à la tête du progrès pour ces fabrications délicates.

La construction des moteurs et dynamos attira peu à peu l'attention de M. A. Grammont qui entreprit ce genre de fabrication en 1891 des récompenses à l'Exposition de Lyon (1894) et à l'Exposition de Paris (1900) vinrent couronner ses efforts.

L'importance acquise par cette branche nécessita la création d'une usine spéciale qui fut édifiée à Lyon, 220, route d'Heyrieux, et la Société des Ateliers de Constructions électriques de Lyon et du Dauphiné, dont nous parlons plus loin, fut créée en 1919 pour permettre un développement rationnel du département des machines électriques.

Les manipulations du caoutchouc et de la gutta-percha nécessaires à l'isolement des conducteurs électriques amenèrent les Etablissements Grammont à annexer à leur fabrication de câbles un atelier destiné aux applications industrielles du caoutchouc.

Enfin, les Etablissements Grammont fabriquent également une lampe à incandescence à filament métallique : La Lampe Fotos, mono et demi-watt de plus en plus répandue.

Pendant la Guerre, les Etablissements Grammont transformèrent leurs fabrications et s'occupèrent presque exclusivement des fournitures nécessaires à la Défense nationale : munitions, matériel de guerre télégraphique et téléphonique, matériel électrique, etc.

Depuis l'Armistice, les Etablissements Grammont ont continué leur effort industriel ; ils ont créé une usine spéciale pour la fabrication des câbles armés pour hautes tensions et pour la fabrication des câbles téléphoniques et télégraphiques. Cette usine est puissamment outillée pour fabriquer les câbles spéciaux prévus dans la construction des liaisons téléphoniques à longue distance.

Un atelier spécial pour la fabrication des fils émaillés (dont l'emploi se développe de plus en plus pour la construction des bobinages électriques) a été aménagé à la plaine Chavanoz.

Les Ateliers de Tréfilerie et de Cablage, déjà fort développés pendant la Guerre, ont été considérablement augmentés et permettent d'assurer la fabrication, dans les meilleures conditions possibles des fils et câbles, cuivre nu, aluminium, employés pour la transmission de l'énergie électrique.

La Société des Etablissements Grammont, amenée pendant la Guerre à produire le laiton nécessaire à la fabrication des douilles d'obus, de cartouches et le laiton pour les fusées, est outillée pour livrer rapidement et dans les meilleures conditions, les planches, fils, bandes, barres en laiton, etc.

Durant les dernières années, l'outillage de fabrication des lampes électriques a été également modernisé dans l'usine spéciale située à Lyon-Croix-Rousse, et les lampes Fotos fabriquées par les Etablissements Grammont, peuvent rivaliser avec les meilleures marques, comme qualité et comme prix.

L'importance des fabrications des Etablissements Grammont a nécessité une organisation commerciale en rapport. C'est ainsi que des Agences avec Magasins de vente et Dépôts de marchandises ont été créées ou développées dans les villes de Paris, Lyon, Grenoble, Marseille, Toulouse, Bordeaux, Nantes, Lille, Limoges, Nancy, Alger, Tunis.

Ces agences sont communes aux Etablissements Grammont et à leurs filiales dont nous parlons plus loin Elles s'occupent en même temps de la vente du Matériel des Etablissements Grammont et des Ateliers de Constructions électriques de Lyon et du Dauphiné ainsi que de celui de la Société des Porcelaines et Appareillages électriques Grammont.

Enfin, il a été créé un service spécial de vente pour l'exportation des divers produits fabriqués par les Usines du Groupe Grammont, et des représentants établis dans les divers pays permettent désormais de répandre dans le monde entier la marque Grammont déjà si avantageusement connue en France et dans les Colonies.

Digitized by Google

Ateliers de constructions Électriques de Lyon et du Dauphiné

Matériel Électrique Grammont
Appareillage Électrique Maljournal et Bourron

Capital social : 18 Millions de Francs

10, Rue d'Uzès à PARIS

Lorsqu'en 1915, les Établissements Grammont prirent la décision de construire à Lyon une puissante usine pour la construction du matériel électrique, ils étaient poussés dans cette voie par les projets d'électrification si importante de la Région alpestre et de la Région lyonnaise, projets que les besoins de la Défense nationale faisaient passer au premier plan des préoccupations du moment.

Pour donner une impulsion plus active à cette branche, les Etablissements Grammont décidèrent de créer, en 1919, une Société spéciale dénommée : « Société des Ateliers de Constructions électriques de Lyon et du Dauphiné ». Ils surent intéresser à la réalisation de leurs projets, des Industriels et des Financiers placés à la tête des affaires de la Région grenobloise. Les résultats de cette collaboration ne se firent point attendre et les Usines situées à Lyon, 220, route d'Heyrieux, prirent rapidement un développement intense.

Le Capital initial de la Société avait été fixé à 6 millions de francs; mais l'extension rapide du chiffre d'affaires nécessita l'émission de 8 millions d'obligations, puis, le capital fut porté à 10 millions de francs.

Cette Société a pris possession des Usines construites par les Etablissements Grammont comprenant des terrains d'une superficie de 70 000 m² dont plus de 20 000 m² couverts. Ces Usines sont reliées au réseau des Chemins de fer du P.-L.-M. par un embranchement particulier. Plus de mille ouvriers sont normalement occupés dans ces Ateliers qui nécessitent une puissance motrice dépassant 900 chevaux. Les fabrications ont été divisées en deux parties distinctes : L'une concernant le petit matériel fabriqué en grande série, est installé dans un atelier de 3 500 m²; toutes les machines-outils appartiennent aux types les plus perfectionnés et les plus modernes. L'installation de la plate-forme d'essais avec ses bancs multiples permet d'effectuer journellement et avec tous les soins nécessaires, les essais de 50 machines terminées.

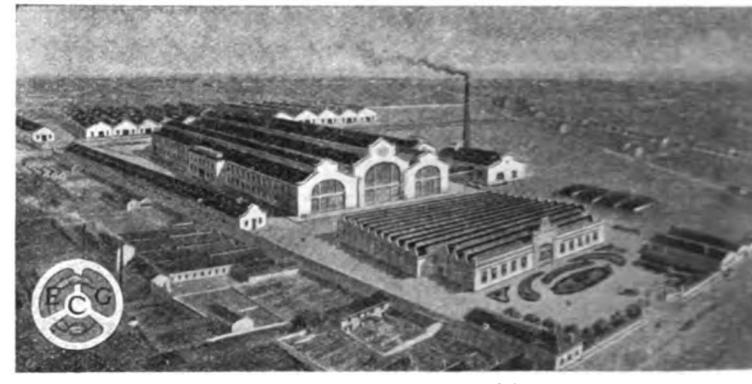


Fig. 1. — Vue générale des Usines.

Fig. 2. — Atelier de montage du gros matériel tournant et de transformateurs de grande puissance.

Le gros matériel tournant, les transformateurs, sont construits dans un atelier de 120 mètres de long, 40 mètres de largeur et 13 mètres de haut, avec galeries et sous-sol. Cet atelier est muni de ponts-roulants puissants permettant la manutention rapide des pièces dans toutes ses parties.

L'outillage est prévu pour l'usinage des plus grosses pièces et dispose de tours verticaux et horizontaux de grandes dimensions, de raboteuses à très grande course, de presses à découper de 200 tonnes, etc. Le montage est assuré sur une plate-forme spéciale de 100 m² de superficie qui permet l'usinage de très grosses pièces au moyen de machines-outils

Digitized by Google

mobiles. En outre, l'atelier de gros matériel possède une plate-forme d'essai munie d'appareils très perfectionnés et très puissants parmi lesquels nous citerons un transformateur de 350 kv-a pouvant élever la tension jusqu'à 350 000 volts.

Les installations de la Société comprennent en outre dans l'Usine ou à proximité: une Ecole d'Apprentis, une Infirmerie, un Restaurant pour les employés, des Terrains de Jeux, etc...

Le matériel fabriqué dans les Usines de la Société des Ateliers de Constructions électriques de Lyon et du Dauphiné comprend les appareils destinés à toutes les applications industrielles de l'Energie électrique, c'est-à-dire: les générateurs d'électricité, les transformateurs, moteurs et appareillage correspondant.

La Société de Lyon-Dauphiné s'est spécialisée tout particulièrement dans la construction des transformateurs et possède, à l'heure actuelle, un nombre considérable de ces appareils en service pour les usages les plus divers, depuis les transformateurs pour appareils de mesure jusqu'aux transformateurs d'électrochimie à basse tension et à intensité atteignant jusqu'à 25 000 ampères. et aux transformateurs de distribution d'énergie pour des puissances de 5 000 kv-a et 65 000 volts (Mines de la Houve, Electricité de Strasbourg, Force et Lumière à Grenoble, Forces motrices du Rhone, etc., etc.).

Les Ateliers de Constructions électriques de Lyon et du Dauphiné sont spécialisés également comme fournisseurs de l'Industrie métallurgique et minière; ils ont fourni entre autres plusieurs moteurs de laminoirs de 1 000 à 1 500 chevaux aux Etablissements Grammont, à Pont-de-Chéruy, à la Société Métallurgique de la Loire à Saint-Etienne, à la Sociétédes Mines de la Loire à Saint-Etienne. — Répondant aux désirs formulés par les Secteurs, les Ateliers de Lyon et du Dauphiné ont créé une série de condensateurs synchrones démarrant sous charge avec autotransformateur.

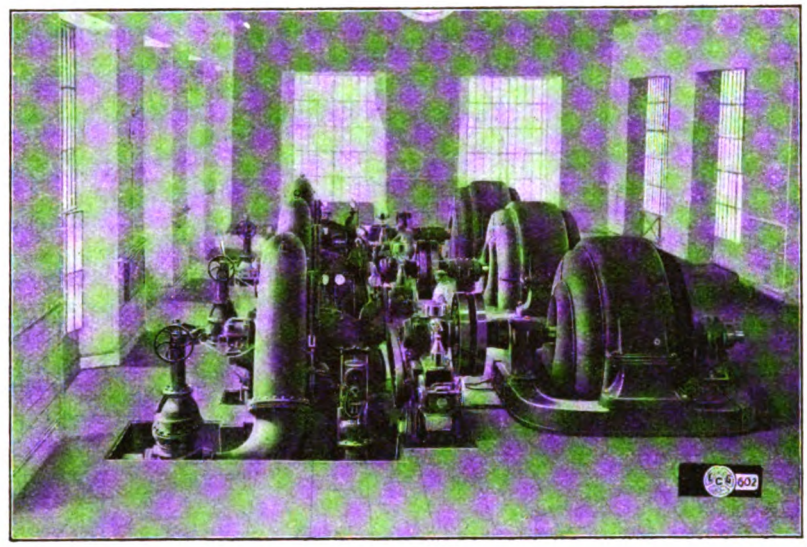


Fig. 3. — Centrale hydraulique du Bés, à St-Chély-d'Apcher. 3 alternateurs 4 000k-va, 8 200 volts, 600 t/mn.

Fig. 4 — Transformateur triphasé à refroidissement naturel, 2 000 kv-a. 4 000/1000 volts.

Du fait de sa situation à proximité de la région des Alpes où l'Industrie papetière est très développée, la Société a fourni un nombreux matériel aux Papeteries et, en particulier aux Papeteries Bergès, à Persan-Beaumont.

De nombreuses installations réalisées par les Ateliers de Constructions électriques de Lyon et du Dauphiné existent maintenant en France et nous pouvons indiquer parmi celles-ci: la Centrale de Saint-Chély-d'Apcher (Société Firminy) où se trouvent installés trois alternateurs de 4 000 kv-a, avec transformateurs élévateurs jusqu'à 30 000 volts, transformateurs abaisseurs et transformateurs spéciaux pour alimentation de fours électriques. Parmi les installations récentes, nous citerons l'Usine du Drac-Romanche avec cinq alternateurs de 2 800 kv-a, 5 500 volts, 300 tours par minute.

Dans le but de compléter leurs moyens de production d'appareillage, les Ateliers de Constructions électriques de Lyon et du Dauphiné ont absorbé récemment les Etablissements Maljournal et Bourron, universellement connus comme constructeurs d'appareillage haute et basse tension.

Les Etablissements Maljournal et Bourron possèdent une magnifique usine construite pendant la guerre: 160, route d'Heyrieux à Lyon, dont les moyens modernes de production viennent renforcer la puissance des Ateliers de Constructions électriques de Lyon et du Dauphiné.

Le capital de la Société des Ateliers de Constructions électriques de Lyon et du Dauphiné vient d'être porté à 18 millions de francs.

Ses moyens d'action lui permettent de construire et d'équiper entièrement, avec le matériel de sa construction les centrales électriques et les postes de transformation les plus importants.

Digitized by Google

Société de Porcelaines et Appareillages électriques Grammont

Société anonyme au Capital de 5 Millions de Francs

Siège social : 10, Rue d'Uzès à PARIS

La Société des PORCELAINES ET APPAREILLAGES ÉLECTRIQUES GRAMMONT fut fondée en 1914, par M. François GRAMMONT.

Elle eut pour objet primitif la fabrication des porcelaines électrotechniques, puis ensuite celle de l'appareillage électrique et la téléphonie.

Sa première usine de porcelaines fut celle de Saint-Léonard près Limoges et ensuite, afin d'étendre ses moyens d'action, la Société se rendit acquéreur de l'Usine de BEAUBLANC, à Limoges.

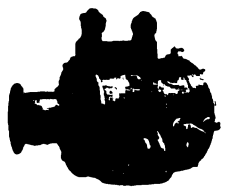
Plus récemment, en 1921, la Société des PORCELAINES ET APPAREILLAGES ÉLECTRIQUES GRAMMONT a repris les Etablissements RADIGUET dont l'usine se trouve également à Limoges et est tout spécialement équipée pour la fabrication de la porcelaine haute tension. Cette Usine possède un laboratoire d'essais à 250 000 volts.

En 1917, la Société des PORCELAINES ET APPAREILLAGES ÉLECTRIQUES GRAMMONT s'était également rendue acquéreur de la Fabrique d'Appareils téléphoniques « EURIEULT », dont la réputation n'est plus à faire sur le marché.

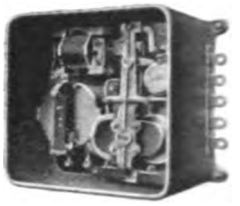
Cette fabrication qui comportait seulement au début les appareils de réseau, a été étendue depuis peu à tous les appareils de téléphonie privée et aux standards.

Tout le matériel de téléphonie est fabriqué à PARIS, 41 et 43, rue Cantagrel, dans les Usines « EURIEULT », agrandies par la construction récente de nouveaux bâtiments qui ont permis de doubler la superficie des Usines anciennes et d'obtenir une production triple.

On le voit, la Société des PORCELAINES ET APPAREILLAGES ÉLECTRIQUES GRAMMONT est outillée pour fournir toute la porcelaine haute et basse tension ; elle est en mesure de répondre à toutes les exigences de la clientèle pour ces diverses fabrications, et notamment elle vient de lancer avec succès ses chaînes d'isolateurs pour lignes à 120 000 et 150 000 volts, lesquelles ont été entièrement étudiées et réalisées dans les Usines de Limoges.



Dynamo blindée

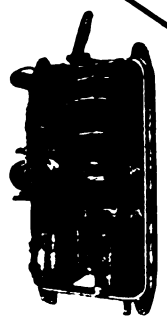


Régulateur Tirril

L'ÉCLAIRAGE
des
VÉHICULES sur RAIL
(É. V. R.)
SOCIÉTÉ ANONYME AU CAPITAL DE 1 000 000 FR.
22, Rue de l'Arcade, PARIS (8e)

ENTREPRISE GÉNÉRALE D'ÉCLAIRAGE ÉLECTRIQUE
de Voitures de Chemins de Fer

FOURNITURE, MONTAGE & ENTRETIEN
DES DYNAMOS, ACCUMULATEURS,
APPAREILS DE RÉGLAGE, LAMPES, etc.
Marque Déposée : É. V. R.



Régulateur Dick

Fournisseurs des Chemins de Fer de l'État, de l'Administration des Postes et Télégraphes, de la Compagnie des Wagons-Lits, de la Compagnie P. L. M. etc...

Batterie d'accumulateur

Digitized by Google

Les Ateliers Laurent Couffinhal

SAINT-ÉTIENNE

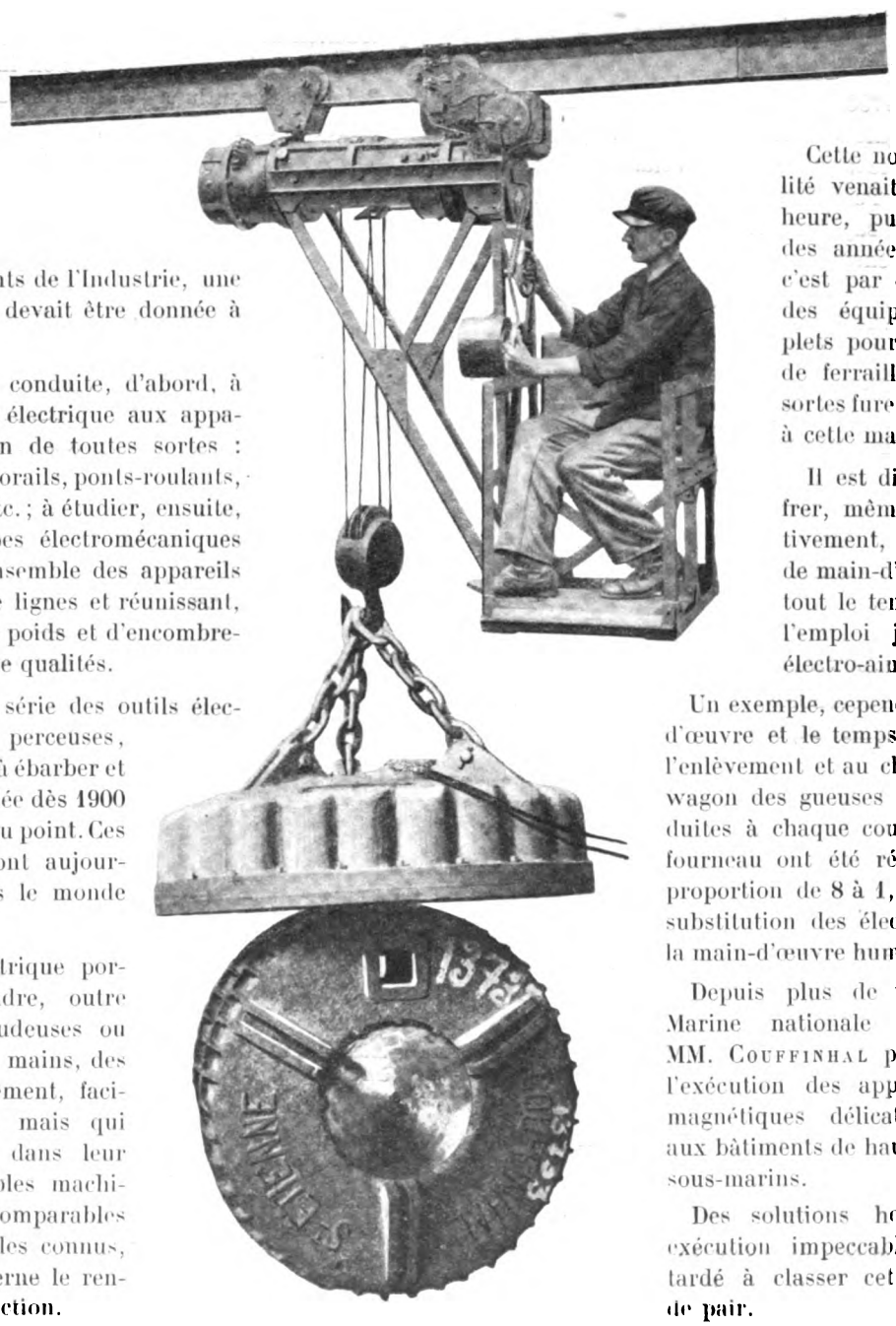
Créés en 1892, ces établissements n'ont cessé, depuis leur fondation, d'adapter leur fabrication aux progrès constants de la technique moderne.

Spécialisés, tout d'abord, dans la construction des machines dynamos électriques, MM. Couffinhal jugèrent, dès l'année 1900, que, pour répondre aux besoins toujours plus exigeants de l'Industrie, une orientation nouvelle devait être donnée à leur spécialisation.

Cette maison fut conduite, d'abord, à adapter son matériel électrique aux appareils de manutention de toutes sortes : palans, chariots-monorails, ponts-roulants, treuils, cabestans, etc. ; à étudier, ensuite, la création de groupes électromécaniques formant dans leur ensemble des appareils compacts, sobres de lignes et réunissant, sous le minimum de poids et d'encombrement, le maximum de qualités.

C'est ainsi que la série des outils électriques portatifs : perceuses, taraudeuses, meules à ébarber et à rectifier, était étudiée dès 1900 et mise rapidement au point. Ces appareils réputés sont aujourd'hui répandus dans le monde entier.

Par outillage électrique portatif, il faut entendre, outre les perceuses, taraudeuses ou meules électriques à mains, des outils mus électriquement, facilement déplaçables, mais qui forment cependant dans leur ensemble de véritables machines-outils d'atelier comparables aux meilleurs modèles connus, tant en ce qui concerne le rendement que la production.



En 1912, MM. Couffinhal abordaient la construction des électro-aimants de manutention destinés, dans leur esprit, à compléter heureusement leurs séries d'appareils de levage déjà fort appréciés de leur clientèle.

Cette nouvelle spécialité venait bien à son heure, puisqu'au cours des années de guerre, c'est par centaines que des équipements complets pour manutention de ferrailles de toutes sortes furent commandés à cette maison.

Il est difficile de chiffrer, même approximativement, les économies de main-d'œuvre et surtout le temps gagné par l'emploi judicieux des électro-aimants.

Un exemple, cependant : la main-d'œuvre et le temps nécessaires à l'enlèvement et au chargement sur wagon des gueuses de fonte produites à chaque coulée d'un haut fourneau ont été réduits dans la proportion de 8 à 1, par la simple substitution des électro-aimants à la main-d'œuvre humaine.

Depuis plus de vingt ans, la Marine nationale a recours à MM. Couffinhal pour l'étude et l'exécution des appareils électro-magnétiques délicats nécessaires aux bâtiments de haut bord et aux sous-marins.

Des solutions heureuses, une exécution impeccable n'ont pas tardé à classer cette firme hors de pair.

Digitized by Google

Compagnie Générale d'Électro-Céramique

Société anonyme des Anciens Établissements P. Sailly, H. Caillet et Cie

AU CAPITAL DE 5 MILLIONS DE FRANCS

64, rue Franklin, IVRY-PORT (Seine)

Historique.

En novembre 1903, Monsieur Paul Sailly, avec l'appui de la « Compagnie générale d'Electricité », commençait à Ivry la fabrication de la porcelaine destinée aux applications de l'électricité.

L'affaire prit rapidement une grande extension.

La Société en nom collectif, P. Sailly, H. Caillet et Cie au capital de 1 050 000 fr fut créée en 1907.

Elle devient, en 1916, la « Compagnie générale d'Electro-Céramique », Société anonyme des anciens établissements P. Sailly, H. Caillet et Cie, au capital de 3 000 000 francs.

Ce capital a été porté en mai 1920 à 5 000 000 francs.

Le Siège social de la Société est à Ivry-sur-Seine, 64, rue Franklin.

Moyens de Production.

1° *Usine n° 1, 64, rue Franklin, à Ivry.*

L'usine primitive couvrait 4 890 m². Elle a été considérablement agrandie et s'étend actuellement sur 10 000 m² environ.

Cinq fours de 68 m³ lui permettent de produire 1 800 tonnes de porcelaines électriques par an.

2° *Usine n° 2, à Andancette (Drôme).*

L'exploitation de cette usine a commencé pendant la guerre dans des bâtiments existants, couvrant 5 000 m² environ. Elle s'est récemment augmentée par la construction de vastes ateliers et sa superficie atteint maintenant environ 15 000 m². Son installation comporte 3 fours discontinus et peut assurer une production annuelle de 1 000 tonnes.

3° *Usine n° 3, à Tarbes.*

C'est l'usine la plus récente et la plus importante.

Sa superficie est de 110 000 m².

Elle dispose d'un four tunnel continu type Dressler et peut fabriquer 2 800 tonnes de porcelaines électriques par an.

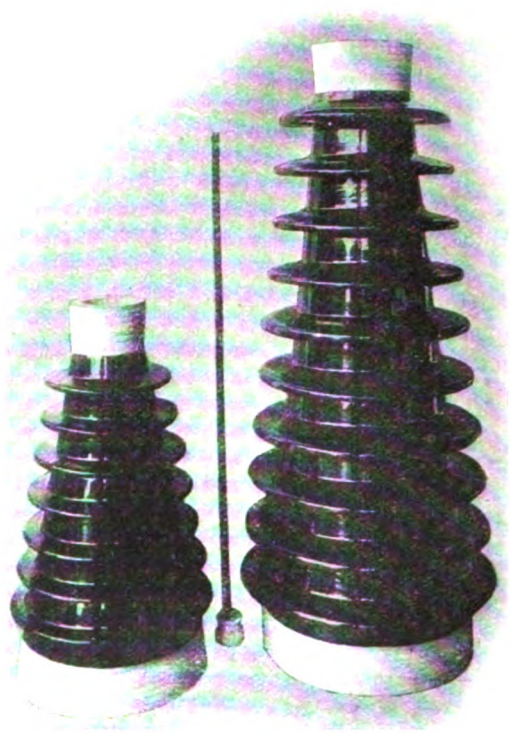


Fig. 1. — Partie supérieure et inférieure des sorties pour poste " Out-door " à 135 000 volts.

Fabrication.

Ces différentes usines donnent à la Compagnie générale d'Electro-Céramique la possibilité de produire tous les articles en porcelaine demandés en électricité, et sa fabrication comporte aussi bien les petits articles nécessaires à l'appareillage que les traversées et isolateurs destinés à l'équipement des lignes 150 000 volts (voir fig. 1).

La préparation des pâtes, contrôlée d'une façon constante par l'important laboratoire de physique et de chimie installé à Ivry, permet une fabrication extrêmement soignée et régulière adaptée aux plus hautes tensions et qui peut subir avantageusement la comparaison avec n'importe quelle porcelaine d'origine étrangère.

Aussi les isolateurs provenant de ces ateliers et en

Digitized by Google

service depuis de nombreuses années sur des réseaux très vastes donnent entière satisfaction et rendent leur marque particulièrement recherchée.

Depuis quelques années, la Compagnie générale d'Electro-Céramique étudie plus spécialement les chaînes à très haute tension. Elle est en mesure de proposer à sa clientèle trois constructions différentes :

1° Le type taupinière à conduits intérieurs (fig. 2) ;

2° Le type cape et ferrure (fig. 3);

3° Le type Jeffery-Dewitt dont elle a acquis la licence (fig. 4) pour la France et tous les pays de l'Europe occidentale.

De très importantes commandes lui ont déjà été confiées, entre autres l'équipement du réseau des Chemins de fer du Midi.

Chaines d'Isolateurs

Fig. 2. — Type taupinière à conduits intérieurs.

Fig. 3. — Type cape et ferrure.

Fig. 4. — Jeffery-Dewitt.

Laboratoires.

Les trois usines d'Ivry, Andancette et Tarbes possèdent leur laboratoire propre, où sont essayées toutes les porcelaines haute tension. Chaque laboratoire dispose d'un transformateur à 200 000 volts entre bornes.

D'autre part, la Compagnie générale d'Electro-Céramique procède à Ivry à l'installation d'un super-laboratoire permettant d'effectuer des essais jusqu'à 1 000 000 volts, 50 périodes par seconde, au moyen de trois transformateurs en cascade connectés de façon à donner, à l'extrémité de la dernière borne, une tension efficace de 1 000 000 volts par rapport à la terre.

Ces trois transformateurs pourront également, par un couplage approprié, alimenter un tronçon de ligne triphasée à 580 000 volts, de telle sorte que les phénomènes relatifs à l'exploitation d'une ligne à 220 000 volts, pourront être étudiés avec un coefficient de grandissement de 2,65.

Ce laboratoire, le plus important du monde, en dehors de son installation basse fréquence à 1 000 000 volts, comprendra également un ensemble d'appareils à haute fréquence permettant d'obtenir une étincelle de 2 mètres de longueur et un dispositif donnant la faculté de soumettre une chaîne d'isolateurs aux courants haute et basse fréquence simultanément.

Enfin, cette installation sera complétée pour les essais mécaniques par une série de presses et de machines de traction construites d'après les principes les plus modernes, dont les efforts pourront atteindre jusqu'à 500 tonnes.

Il est permis d'affirmer que les procédés de fabrication de la Compagnie générale d'Electro-Céramique employés dans des usines extrêmement modernes, tout en bénéficiant d'une expérience de près de vingt années, placent cette Maison française à la tête de l'industrie mondiale des porcelaines pour l'électricité.

Digitized by Google

COMPAGNIE GÉNÉRALE DE TRAVAUX D'ÉCLAIRAGE & DE FORCE

ANCIENS ÉTABLTS CLÉMANÇON

Société anonyme au Capital de 2 500 000 francs.

Siège social : *23, Rue Lamartine* — PARIS

Société anonyme constituée le 12 mars 1892 pour prendre la suite des Etablissements Clémançon fondés eux-mêmes en 1828 et qui avaient pour objet l'Eclairage par tous les systèmes employés successivement jusqu'à l'Electricité.

CONSTRUCTIONS

Cette Compagnie construit dans ses ateliers tout le matériel nécessaire pour la distribution et l'utilisation du courant :

Interrupteurs — Coupe-circuits — Commutateurs — Télérupteurs — Coffrets de branchement — Tableaux de distribution — Rhéostats, etc.

Appareillage et Bronzes d'éclairage.

Matériel pour applications spéciales et en particulier pour le Chauffage par l'Electricité.

Enfin elle est depuis longtemps sans rivale pour le Matériel destiné à l'éclairage et aux effets de scène au Théâtre.

ENTREPRISES

La Compagnie générale de Travaux d'Eclairage et de Force se charge de toutes les entreprises concernant les applications de l'Electricité : Eclairage — Transmission d'énergie — Traction — Chauffage — Sonnerie — Téléphonie, etc.

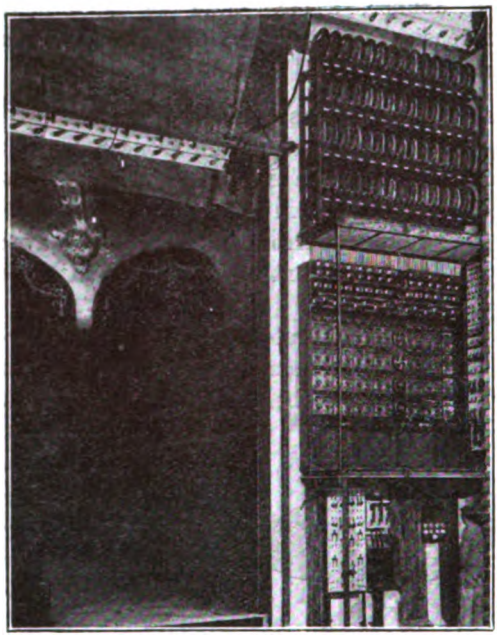
Installations dans les Villes, Edifices publics et particuliers — Châteaux — Usines — Chemins de fer — Théâtres, etc.

Canalisations publiques, aériennes et souterraines.

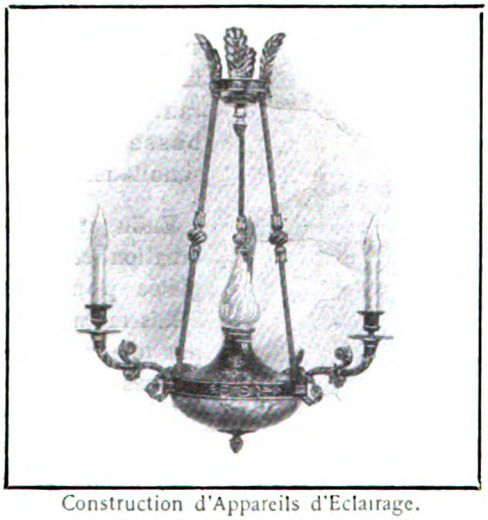
RÉCOMPENSES OBTENUES

GRANDS PRIX : Paris 1900 — Hanoï 1903 — Marseille 1908
Bruxelles 1910 — Turin 1911 — Casablanca 1915
San Francisco 1915

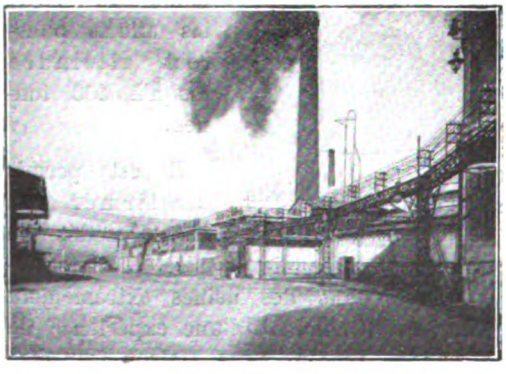
HORS CONCOURS : Londres 1908 - Gand 1913 - Strasbourg 1919.



Installation électrique d'une Scène de Théâtre.
Jeu d'Orgue (Breveté S. G. D. G.).



Construction d'Appareils d'Eclairage.



Installation électrique d'Usines.

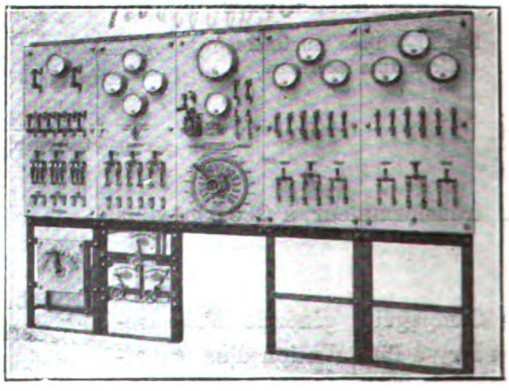


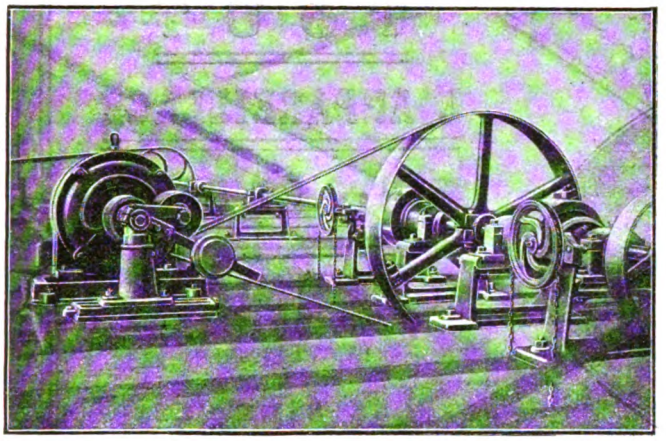
Tableau de Distribution
et Appareillage pour Tableaux.

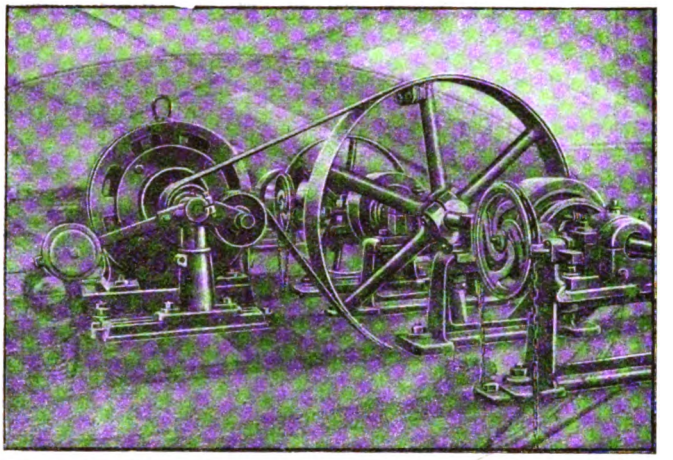
Chauffage élect...
Etuve à 6 plateaux.

Digitized by Google

SOCIÉTÉ des ANCIENS ÉTABLISSEMENTS CUVIER FILS

WYSS & Cie à SELONCOURT (Doubs)





Ces établissements furent créés en 1863 par M. Gustave Cuvier, cousin du célèbre naturaliste Georges Cuvier. En 1888, M. Henri Wyss, ingénieur, ancien élève de l'Ecole polytechnique de Zurich, y entra comme ingénieur-directeur et, quand M. Cuvier âgé de quatre-vingt-deux ans se retira, il forma en 1903 la Société actuelle en commandite au capital de 600 000 francs.

M. Wyss développa considérablement les moyens de production des ateliers dont le matériel fabriqué s'élevait en 1921 à environ 2 000 tonnes.

La maison Wyss et Cie possède une importante *Fonderie à Seloncourt* (Doubs), munie de tous les perfectionnements modernes : ponts roulants et monte-charges électriques, installations hydrauliques et pneumatiques pour le moulage mécanique, dessablage au jet de sable, *ateliers de modelage* pour modèles en bois, modèles mécaniques, plaques et couches pour le moulage mécanique, occupant une centaine d'ouvriers.

Elle y fabrique des pièces en fonte pour machines et mécaniques de petite et moyenne grandeurs en moulage très soigné, notamment, des cylindres et pistons pour moteurs d'automobile et moteurs industriels stationnaires, des pièces pour *moteurs et appareillage électriques*, des résistances en fonte, des pièces pour tous organes de transmission et toute pièce sur modèle et au trousseau.

A *Héricourt* (Haute-Saône), elle vient d'achever la construction d'une *nouvelle fonderie* destinée principalement au moulage mécanique des pièces en grandes séries pour la quincaillerie, la petite mécanique et les machines électriques; elle y coule aussi beaucoup de pièces pour machines de l'industrie textile.

Les ateliers de constructions mécaniques qui occupent, *à Seloncourt*, une centaine d'ouvriers fabriquent des *machines spéciales* sur demande des clients, des balanciers-découpoirs à bras et au moteur, des essoreuses et des décanteurs centrifuges, construisent et entreprennent les *installations complètes de transmissions*.

M. Wyss y a introduit la fabrication en grandes séries des **Paliers à rotule** système Sallers, les pendarts et consoles à rotule réglables en tous sens importés autrefois en grandes quantités d'Allemagne.

Depuis l'armistice, la maison a installé les transmissions dans de nombreuses usines reconstituées dans les zones dévastées de l'Alsace et du Nord. Les transmissions de son système donnent, avec un maximum de résistance, le minimum de poids. D'autres spécialités sont :

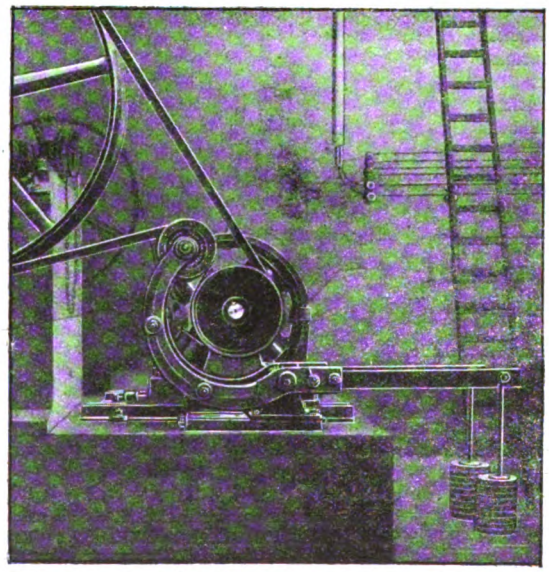
Embrayages à friction

Système Benn

(BREVETÉS S. G. D. G.)

qui sont réversibles, complètement fermés, sans partie saillante, réglable depuis l'extérieur. Les surfaces frottantes sont graissées automatiquement. L'embrayage Benn est robuste, durable et bon marché, son embrayage est doux, progressif et sans choc.

Des milliers de ces embrayages marchent depuis de longues années à entière satisfaction. En 1921, la maison Wyss a installé 200 embrayages Benn et un millier d'enrouleurs de courroie.



Enrouleurs automatiques

de courroie

(BREVETÉS S. G. D. G.)

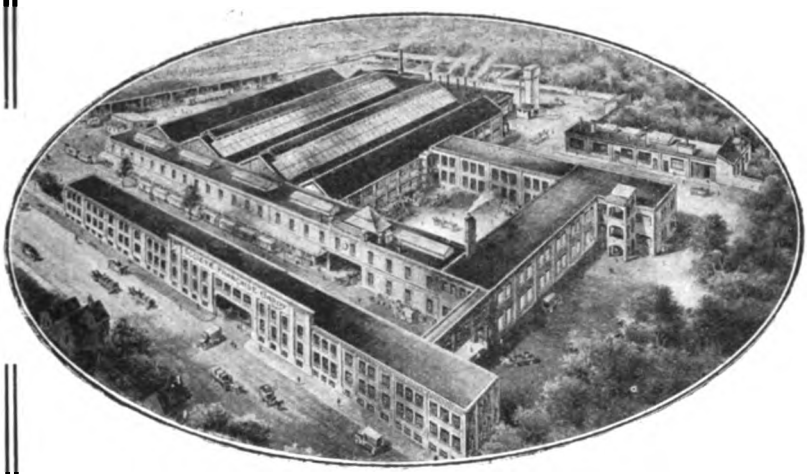
permettant la réduction à un minimum de la distance d'axe en axe de deux poulies d'une transmission de force par courroie et l'emploi d'un grand rapport des diamètres des deux poulies, voir les trois figures.

Par rapport aux transmissions par courroie sans enrouleur la tension et la section de la courroie sont réduites considérablement (jusqu'à un cinquième). La pression sur les paliers voisins des poulies est réduite dans la même proportion et leur usure également. Le glissement de la courroie est supprimé.

Par ses fontes pour moteurs et pour l'appareillage électriques et sa fourniture d'enrouleurs automatiques de courroie, d'embrayages Benn et d'autres organes de transmission, la maison Wyss et Cie est fournisseur de toutes les firmes qui fabriquent des machines et des appareils électriques.

Digitized by Google

"GARDY"



SOCIÉTÉ FRANÇAISE GARDY, ARGENTEUIL (S.-et-O.)

DÉPARTEMENT PETIT APPAREILLAGE

— COUPE-CIRCUITS CALIBRÉS —
— — INFRAUDABLES BREVETÉS — —

— APPAREILLAGE ÉTANCHE —
— SOUS COFFRETS PLOMBABLES —

INTERRUPTEURS — COMMUTATEURS

— DOUILLES A BAIONNETTE ET ÉDISON — PRISES DE COURANT — ROSACES DE PLAFOND — SUSPENSIONS A CONTRE-POIDS — ABAT-JOUR — LANTERNES

■ DEMANDER CATALOGUE N° 60 B ■

DÉPARTEMENT CÉRAMIQUE

TOUTE LA PORCELAINE ET FAIENCE ÉLECTRO-TECHNIQUE BASSE TENSION :
— ISOLATEURS TOUS MODÈLES —
SERRE-FILS — POULIES — ENTRÉES POIGNÉES — ROSACES — BOITES — BAGUES

■ DEMANDER CATALOGUE N° 70 B ■

TOUTE LA PORCELAINE H. TENSION

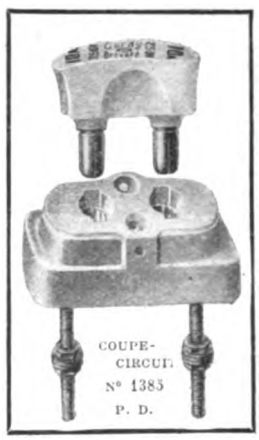
DÉPARTEMENT GROS APPAREILLAGE

SECTIONNEURS-INTERRUPT. AÉRIENS
INTERRUPT. ET COMMUTATEURS A LEVIER

COUPE-CIRCUITS - PARAFOUDRES ET LIMITEURS - COFFRETS DE MANŒUVRE

INTERRUPTEURS ET DISJONCTEURS DANS L'HUILE TRANSFORMAT. DE PUISSANCE ET DE MESURE
— — DISJONCTEURS BASSE TENSION — —

■ ISOLATEURS ET SUPPORTS DE LIGNES ■



TOUT L'APPAREILLAGE HAUTE ET BASSE TENSION

SES 8 USINES DE FRANCE

BELGIQUE, SUISSE, ESPAGNE

REPRÉSENTENT UN CAPITAL SOCIAL DE

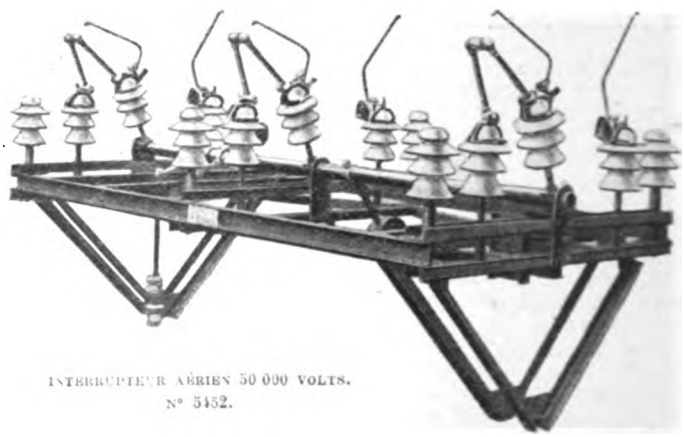
20 000 000 FR.

ET GROUPENT UN PERSONNEL DE

4 000 OUVRIERS

FOURNISSEURS
DES GRANDES ADMINISTRATIONS :

P.-L.-M., P.-O., NORD, MIDI, MÉTRO
P. T. T. — DES MINISTÈRES
DES COLONIES — DES T. P.
ET DES PRINCIPAUX SECTEURS
ÉLECTRIQUES



INTERRUPTEUR AÉRIEN 50 000 VOLTS.
N° 5452.

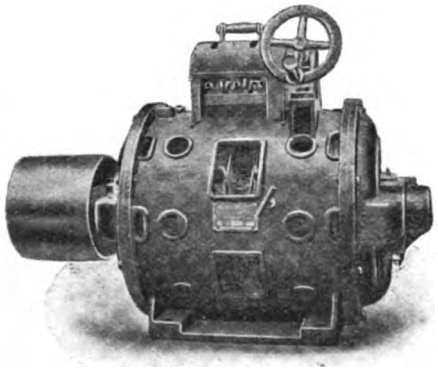
DEMANDER NOTRE POCHETTE 1921 : PROSPECTUS GROS APPAREILLAGE ■

Digitized by Google

MAISON BREGUET

L'origine de la Maison Breguet *remonte* à 1783. Elle a été transformée en Société anonyme dès 1881 et son capital est actuellement de 8 millions de francs. Depuis sa création, le nombre d'appareils nouveaux construits et exploités par elle est considérable dans toutes les branches de l'activité électrique et mécanique générale.

Elle possède 3 usines de construction : la plus ancienne à *Paris*, 19, rue Didot, plus spécialement consacrée à la mécanique générale. — Une usine à *Douai* qui avant-guerre était exclusivement consacrée aux machines électriques, usine complètement détruite par les Allemands, mais qui sera sous peu en nouvelle activité de production. — Une usine à *Déville-les-Rouen*, consacrée aux travaux de chaudronnerie et à la fabrication des condenseurs.



Moteur Boucherot

La Maison Breguet construit tout le matériel électrique Nous rappelons seulement les spécialités suivantes :

= Les **ALTERNATEURS COMPOUNDÉS** =

Les **MOTEURS ASYNCHRONES BOUCHEROT**

sans bagues, sans frotteurs et sans rhéostat, avec rotor très ventilé qui ne comporte aucun enroulement tournant. Ces moteurs sont appliqués avec succès dans toutes les industries même les plus pénibles.

Certains types de ces moteurs ont été établis plus spécialement pour des applications particulières telles que celles des turbines essoreuses de sucrerie et raffinerie.

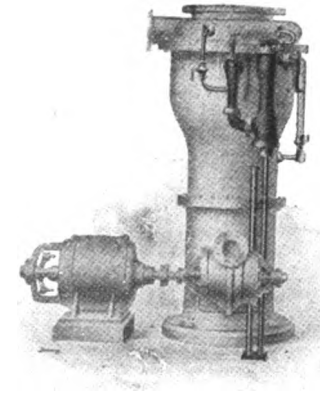
La première en France, la Maison Breguet a construit les turbines à vapeur. Elle a acquis une expérience toute particulière de 30 années, pour les turbines à engrenages, qu'elle a établies dès les débuts. On sait qu'actuellement les tendances sont très en faveur de la turbine à engrenages jusqu'à 1 500 kilowatts dont la Maison Breguet a établi toute une série de types très appréciés. Elle fournit, en outre, beaucoup de turbines à engrenages pour les bateaux (machines motrices). Ceci d'ailleurs indépendamment de sa construction de turbines à action directe.

Nous citerons rapidement les diverses constructions suivantes : pompes, matériel de chemins de fer, appareils d'asservissements, etc... et, enfin, le grand développement pris par la fabrication des condenseurs à mélange et à surface munis de

l'ÉJECTAIR BREGUET-DELAPORTE

dont le nombre considérable d'applications aux machines à vapeur est bien connu.

La Maison Breguet s'est d'ailleurs appliquée à la solution des problèmes du vide dans toutes les industries.



Condenseur Breguet

Digitized by Google

Compagnie Générale des Câbles de Lyon

ANCIENNEMENT : SOCIÉTÉ FRANÇAISE DES CABLES ÉLECTRIQUES SYSTÈME BERTHOUD, BOREL & Cie

Société anonyme au Capital de 10 000 000 francs

SIÈGE SOCIAL et USINES : 41, Chemin du Pré-Gaudry, LYON

CABLES ARMÉS

La **Compagnie générale des Câbles de Lyon**, anciennement dénommée : Société française des Câbles électriques, système Berthoud-Borel, a été une des premières câbleries qui fabriqua en France les câbles électriques isolés à la cellulose imprégnée.

Depuis 25 ans environ qu'elle s'est spécialisée dans cette fabrication, elle a acquis une supériorité incontestable pour les câbles utilisés sur les réseaux à très haute tension.

En dehors des lignes souterraines à 15 000, 20 000 et 25 000 volts, à la construction desquelles elle a été la première à participer, elle a à son actif l'établissement d'une cinquantaine de kilomètres de câbles armés à trois conducteurs fonctionnant depuis plusieurs années sous des tensions triphasées de 30 000 et 35 000 volts.

Elle a également fourni à plusieurs sociétés de distribution d'énergie électrique en France des câbles à un conducteur sous plomb nu sans armature magnétique qui sont branchés directement sur des lignes aériennes à 45 000 et 70 000 volts alimentés en courant alternatif.

Elle participe actuellement à la construction, dans la banlieue parisienne, d'un très important réseau souterrain qui fonctionnera dans quelques mois sous la tension composée de 60 000 volts.

ACCESSOIRES DE RÉSEAUX

Appelée à participer à l'entretien des réseaux installés par ses soins, la **Compagnie générale des Câbles de Lyon** a pu mettre au point des accessoires de réseaux répondant à tous les desiderata des exploitants.

Au cours de ces dernières années, elle a réformé complètement tous ses anciens modèles d'accessoires et elle peut, dès maintenant, offrir aux secteurs qui exploitent des réseaux souterrains un matériel tout nouveau répondant à toutes les exigences des installations modernes.

FILS ÉMAILLÉS

La **Compagnie générale des Câbles de Lyon** a annexé récemment à son importante usine de câbles armés, télégraphiques et téléphoniques la fabrication des fils émaillés de tous diamètres.

Ce nouvel atelier est installé d'après les principes les plus modernes.

Son organisation récente a permis d'y adopter les méthodes de travail nouvelles qui garantissent une qualité irréprochable du produit fabriqué.

Plusieurs techniciens spécialistes vérifient les matières premières, surveillent le réglage des machines, contrôlent la qualité des produits. Enfin, un laboratoire d'essais annexé à ce service permet de vérifier les propriétés électriques et mécaniques des fils et d'en garantir la qualité.

Digitized by Google

Etablissements JULES RICHARD

SOCIÉTÉ ANONYME AU CAPITAL DE SIX MILLIONS DE FRANCS

Siège social et Bureaux :
25, RUE MÉLINGUE - PARIS (XIXe)
Téléph.: Nord 19-63
Adresse Télégraphique :
ENREGISTREUR-PARIS

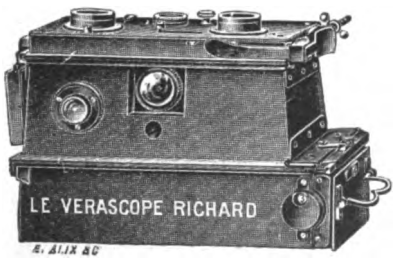
Vente au détail
10, RUE HALÉVY (Opéra)
Téléph.: Central : 69-20
Exposition et vente de positifs
7, RUE LAFAYETTE

La **maison Richard** qui, depuis le 16 juillet 1921, est devenue la Société anonyme des Etablissements J. Richard au capital de 6 millions de francs, a été fondée en 1876 par M. Jules Richard. De 1882 à 1891, il s'associa son frère ; et, pendant cette période, la raison sociale fut **Richard Frères**. En 1891, M. Jules Richard reprit la maison dont il resta le seul propriétaire jusqu'en 1921, époque où il la constitua en Société anonyme dont il conserve la haute direction en qualité de Président du Conseil d'Administration. Au début, tous les services, usine et bureaux, étaient réunis au n° 25 de la rue Mélingue (à cette époque impasse Fessart). En raison de l'augmentation des affaires, M. Richard adjoignit au n° 25 les propriétés voisines, de sorte qu'actuellement la Société possède et occupe une superficie d'environ 4000 mètres carrés.

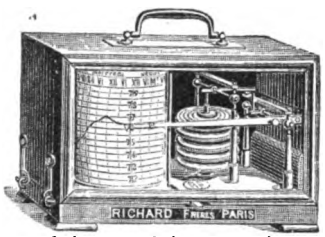
Quand M. Jules Richard créa le Vérascope, il lui devint utile de posséder au centre de Paris une maison plus à la portée de la clientèle que l'usine de Belleville. De cette époque date la maison de vente au détail actuellement rue Halévy n° 10. Un peu plus tard, fut installé, au n° 7 de la rue Lafayette, un magasin d'exposition et de vente de dispositifs.

Dès l'origine de l'électricité industrielle, peu de temps après l'exposition de 1883, M. Richard entreprit la construction des **voltmètres**, des **ampèremètres** et des **wattmètres**, tant pour courants continus que pour courants alternatifs, auxquels il appliqua le système enregistreur avec plume qu'il avait inventé dès 1878 pour le **baromètre enregistreur**. Il étendit successivement l'emploi de son dispositif d'enregistrement aux divers instruments de mesures utilisés en météorologie et dans l'industrie. Après le baromètre vinrent le **thermomètre**, l'**hygromètre**, les **anémomètres**, les **pluviomètres**, les **actinomètres**, les **héliographes**, les **manomètres**, les **hydromètres**, les **cinémomètres**, les **dynamomètres**, les **pyromètres**, soit enregistreurs, soit indicateurs à cadran, sans compter de nombreux instruments pour les recherches scientifiques, l'hydrographie, la physiologie, etc.

Parmi ceux ci nous citerons : les actinomètres établis suivant les indications de M. Violle et de M. Vallot, les néphoscopes de M. Besson, les marégraphes plongeurs de M. Favé, les enregistreurs de déformations élastiques de M. Mesnager, les enregistreurs de flèches de ponts de M. Rabut, les enregistreurs de mouvements secondaires sur les véhicules en marche de M. Sabouret, l'oxygénateur du Docteur Bayeux, l'auxanographe enregistrant la croissance des plantes en fonction du temps, etc.



En 1882, au premier concours organisé par la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale sur la transmission électrique des niveaux à distance, M. Richard obtint une médaille de platine et la sûreté de fonctionnement du système qu'il présenta au second concours, en 1887, lui valut la première récompense, un prix de 1000 francs. La même année, le Bureau central météorologique de France lui accordait une récompense de 500 francs pour son invention de l'anémocinémographe qui donne des indications précises et équidistantes depuis 20 cm : s jusqu'à 60 m : s. Ce résultat est obtenu par l'emploi d'un galet tournant autour de son axe et se déplaçant sur un rayon d'un plateau animé d'un mouvement de rotation uniforme sans qu'il puisse y avoir le moindre glissement. Grâce à ce dispositif, les instruments sont devenus d'un usage pratique à tel point que certains fonctionnent depuis plus de 30 ans.



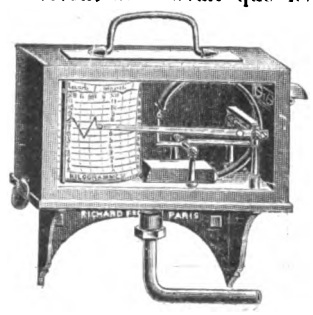
C'est également M. Richard qui a inventé le Vérascope, en prenant comme point de départ le principe de la réversibilité des rayons optiques. Le caractère scientifique incontesté du Vérascope le rend précieux pour fixer des phénomènes passagers et chaque fois qu'il est intéressant de noter, avec leur relief, des formes fugitives dont la photographie ordinaire ne peut donner qu'une idée fort imparfaite.

Pour les débutants, il a créé le Glyphoscope qui, bien que d'un prix extrêmement modique, possède les qualités fondamentales du Vérascope et il a apporté des perfectionnements considérables aux appareils destinés à examiner les vues stéréoscopiques, notamment avec le Taxiphote étudié en collaboration avec M. Colardeau.

Enfin, récemment, il a imaginé l'Homéos qui permet de faire 27 vues stéréoscopiques sur des bandes de pellicules cinématographiques de 1,10 m de longueur enroulées sur des bobines se chargeant en plein jour. Cet appareil, d'un volume réduit, donne des clichés dont on fait d'admirables agrandissements et le maximum de vues stéréoscopiques sous le minimum de poids et d'encombrement.

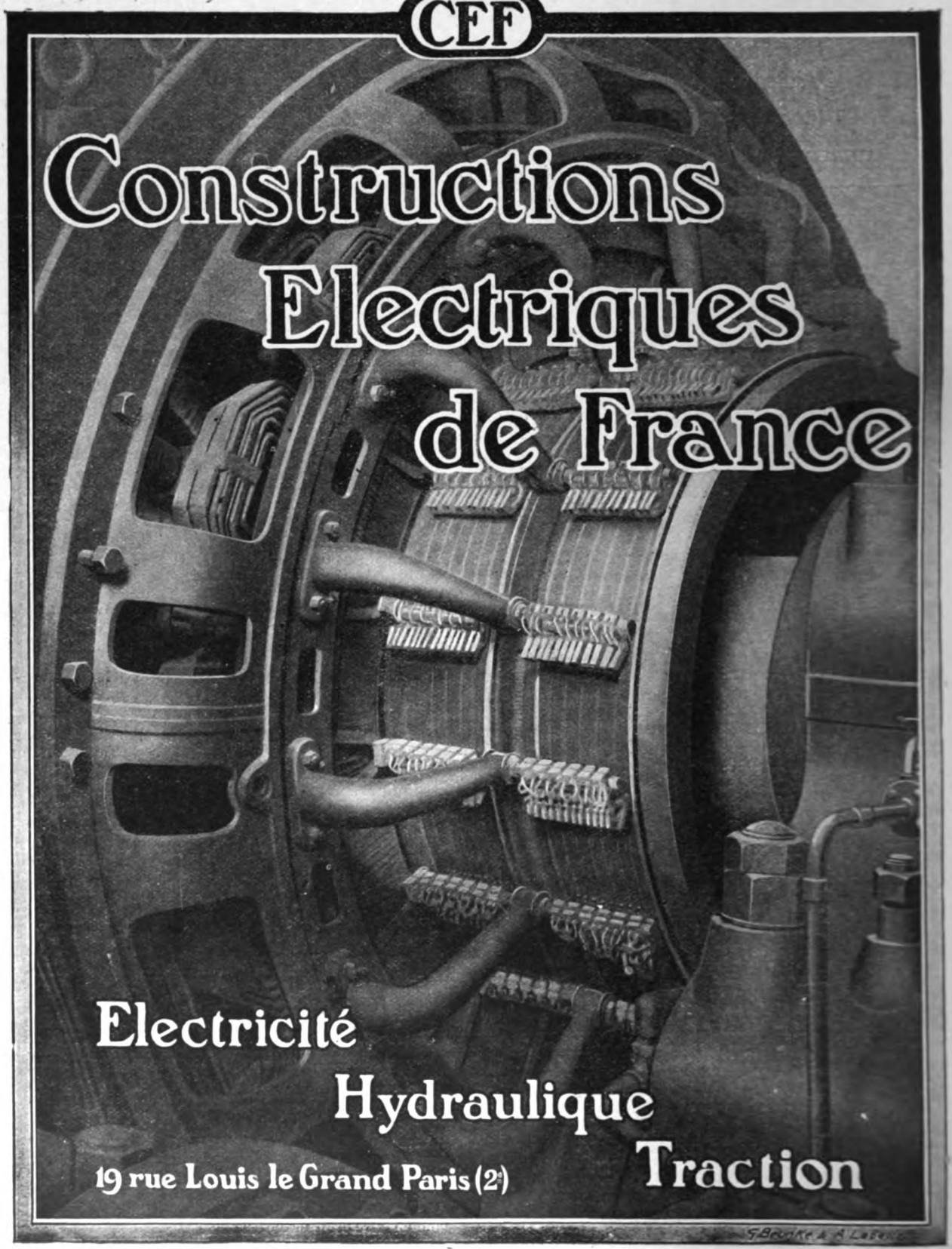
En résumé, M. Jules Richard a fondé de toutes pièces une nouvelle industrie qui, tous les jours, devient de plus en plus importante. L'intérêt de ce genre de construction n'a pas tardé à se faire sentir, car, en dehors des industriels qui, de suite, ont reconnu l'intérêt de se munir des enregistreurs, on a vu apparaître des imitateurs désireux de bénéficier du succès de cette nouvelle branche de l'industrie.

Actuellement, 250 familles vivent du travail que les inventions de M. Jules Richard donnent constamment à cette maison dont le nom est aussi connu à l'étranger qu'en France et qui, ne se contentant pas de la fabrication des instruments de vente courante, étudie continuellement et suit les progrès de la science pour en faire profiter toutes les branches de l'industrie.



Digitized by Google

CEF

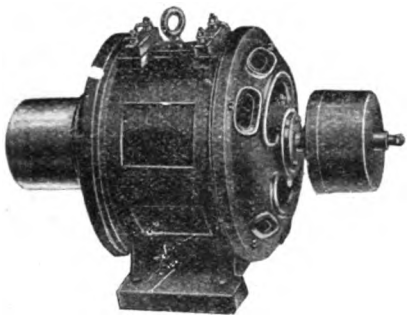


Digitized by Google

LEGENDRE Frères

Constructions électriques et mécaniques

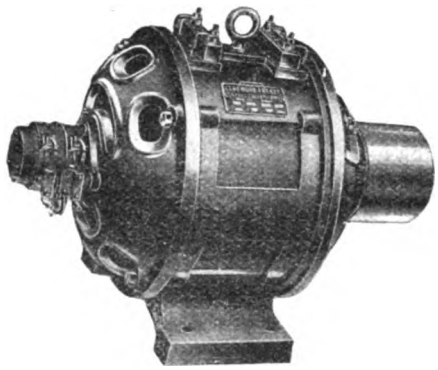
37, rue Saint-Fargeau, PARIS (XXe)



Moteur à coupleur.

La maison **Legendre** Fres, fondée en 1902, se spécialisa tout d'abord dans l'installation et la réparation des moteurs électriques. Appelée à électrifier de nombreux ateliers parisiens, elle acquit rapidement une grande expérience de l'emploi des moteurs électriques pour la commande des machines-outils.

Cette connaissance exacte des besoins de la clientèle lui permit d'étudier et d'établir, en quelques années, une série de moteurs à courant continu et de moteurs asynchrones mono, di et triphasés de 1/2 à 40 chevaux, robustes et d'un maniement simple. Grâce à son outillage perfectionné, à sa fabrication méticuleusement contrôlée, elle fut une des premières à adopter, dans toute sa construction, les roulements à billes dont la supériorité, sur les paliers lisses, n'es plus à démontrer. Le haut rendement des moteurs de la maison **Legendre** Frères et, surtout, le facteur de puissance élevé de ses moteurs asynchrones lui sont dus en partie.



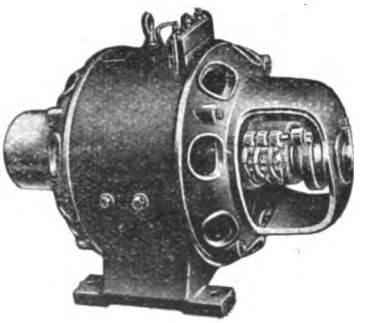
Moteur à bagues.

Reprenant les essais effectués, vers l'année 1900, par divers constructeurs, sur le moteur à coupleur automatique de Goerges, la maison **Legendre Frères** comprit l'intérêt énorme que pouvait présenter ce moteur d'une mise en marche simple et d'un entretien facile.

Après une étude approfondie de la question, elle parvint, vers 1906, à présenter aux secteurs parisiens des moteurs à coupleur de moyenne puissance répondant aux exigences de ces secteurs. Depuis, par d'incessants perfectionnements apportés à son coupleur, elle réussit à lui donner les qualités qui le font apprécier partout : fonctionnement irréprochable, facilité de réglage et d'entretien.

Comme complément à sa série de moteurs monophasés asynchrones elle étudia, vers 1909, une série de moteurs monophasés à collecteur du type à répulsion simple. Elle eut, la première, l'idée d'adapter, à ce moteur, son coupleur automatique, créant ainsi un moteur monophasé asynchrone à grand couple de démarrage d'un type très simple, fort apprécié de tous les fabricants d'appareils de levage.

Ayant ainsi mis au point une série complète de moteurs de 1/2 à 40 chevaux, elle développa ses services et créa des agences à Lyon, Bordeaux, Marseille, Nantes, Le Havre, Roubaix, Bruxelles et des sous-agences dans les principales villes industrielles. Les circonstances et le succès aidant, des dépôts se montèrent ou se montent en Espagne, au Japon, en République argentine, en Australie. Cette marche ascendante jamais ralentie, le nombre toujours croissant des commandes ne montrent-ils pas assez combien la clientèle apprécie, non seulement les qualités du matériel construit par la maison **Legendre** Frères, mais aussi les qualités commerciales qui ont toujours fait la force de cette maison : son souci constant de donner satisfaction et de tenir ses engagements.

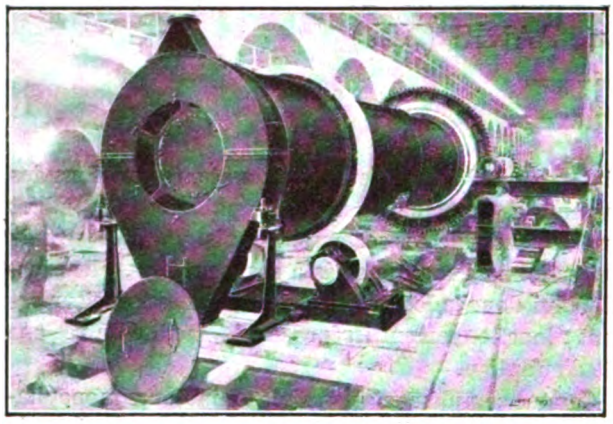


Moteur à courant continu.

Digitized by Google

LA MÉTALLURGIQUE ÉLECTRIQUE

Société anonyme au Capital de 30 000 000 francs



Broyeur Centaure compound, système Ch. Candlot.

La MÉTALLURGIQUE ÉLECTRIQUE est l'extension de l'ancienne Société Védovelli et Priestley créée en 1885 et dont les affaires et le champ d'action se sont considérablement développés. Elle oriente actuellement son activité dans trois branches bien distinctes :

1°) *Une branche électrique* comprenant l'appareillage haute et basse tension, le matériel pour lignes de tramways et chemins de fer, les transformateurs de puissance, le matériel isolant.

2°) *Une branche mécanique* comprenant petite et grosse mécanique, visserie, décolletage, matériel de cimenterie, de sucrerie, de manutention, de levage.

3°) *Une branche métallurgique* avec aciers moulés, fonte moulée, bronze, aciers spéciaux.

Pour ces fabrications, elle possède 2 usines importantes, l'une à Paris-Javel, 160, rue Saint-Charles, spécialisée dans les constructions d'appareillage électrique, montage de tableaux; l'autre à Ivry-sur-Seine, 130, avenue Jean-Jaurès, vaste usine couvrant 14 hectares, groupant le reste des fabrications y compris les transformateurs de puissance, les isolants moulés et la marbrerie.

Cette Société a toujours occupé une place prépondérante parmi les constructeurs d'appareillage électrique et a été consultée de tous temps chaque fois qu'un nouveau problème se présentait et demandait à être résolu avec le maximum de simplicité et de sécurité.

Rappelons qu'elle posséde à son actif des installations importantes faites pour la Marine nationale (centrale de Toulon), pour les Chemins de fer de l'État (nombreuses sous-stations), pour le Nord-Sud (sous-stations), pour la Compagnie parisienne de Distribution d'Electricité, etc., etc.

Nous ne citons là que des travaux réalisés pour des entreprises publiques; ceux concernant les entreprises privées sont encore plus nombreux et comprennent des centrales depuis 10 000 jusqu'à 50 000 kv-a

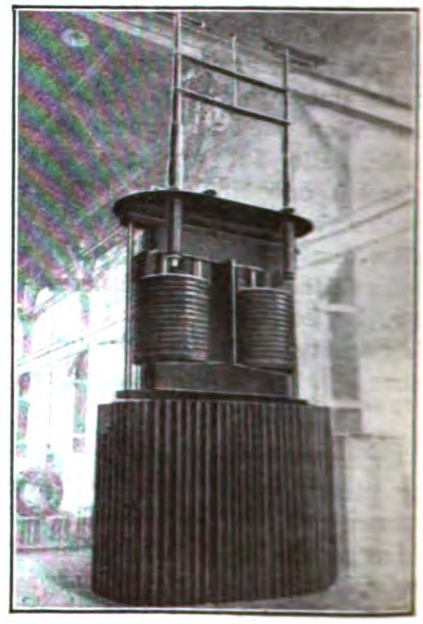
Dans la branche de la traction, la M.E. fabrique tous les modèles courants pour la construction de lignes à fortes intensités et pour traction intense à haute tension. A ce sujet, il suffit de dire que c'est elle qui a construit la ligne aérienne du Chemin de fer du Nord-Sud et des Chemins de fer de la Camargue, les Tramways de Libourne, plusieurs lignes dans les Pyrénées, pour la Compagnie du Midi, etc.

Rappelons qu'elle est, de plus, concessionnaire exclusif pour la vente des porcelaines électriques fabriquées à l'usine St-Léonard (Haute-Vienne) par la Société « La Porcelaine Haute-Tension ».

Dans les sections de mécanique et de métallurgie grâce à ses aciéries électriques et sa fonderie de fonte, ses ateliers de grosse et petite mécanique, installés et outillés d'après les derniers perfectionnements, la Société a pu exécuter avec succès des commandes importantes pour les Compagnies françaises de Chemins de fer, les Arsenaux, les Chantiers navals, ainsi que pour de nombreuses Sociétés d'entreprises privées.

Spécialisée dans la construction du matériel de cimenterie, elle vient d'équiper tout dernièrement les puissantes usines de Barlin (Pas-de-Calais) de la Société des Matériaux de Construction de la Loisne (100 000 tonnes de chaux, 100 000 tonnes de ciment par an), tandis que son département de Sucrerie construisait un important matériel pour la Sucrerie agricole de Goussainville et la Sucrerie de Meaux.

Son département d'Appareils de levage prend de jour en jour une plus grande extension.



Transformateur à 300 000 volts.

Digitized by Google

CHAUVIN ET ARNOUX

Téléph. : Marcadet-05-52 — ARNOUX, Veuve CHAUVIN et Cie — Télégr. : Elecmesur-Paris

186, 186 bis et 188, Rue Championnet — PARIS (XVIIIe)

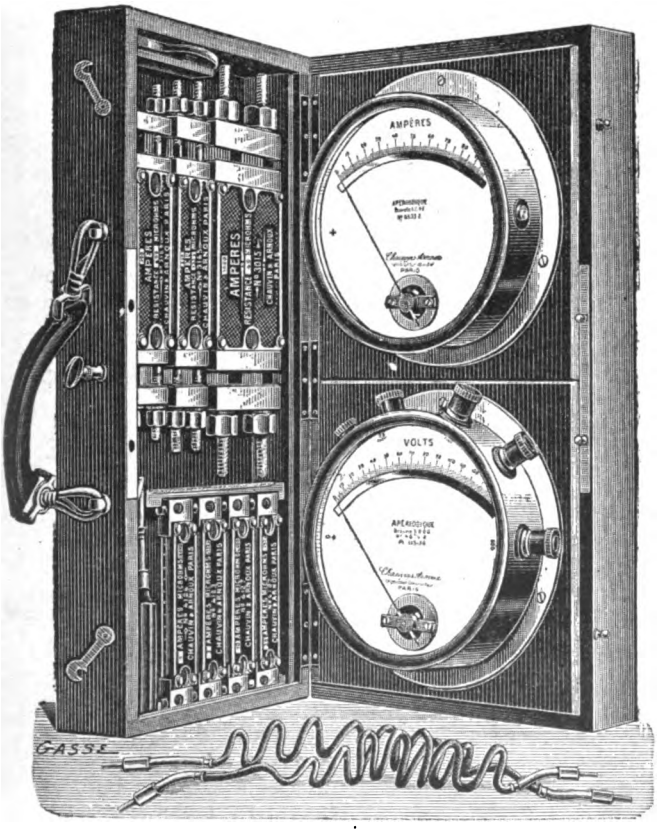
La Maison Chauvin et Arnoux a été fondée, en 1893, par MM. Raphaël Chauvin et René Arnoux. Elle est par conséquent une des plus anciennes maisons d'appareils de mesure.

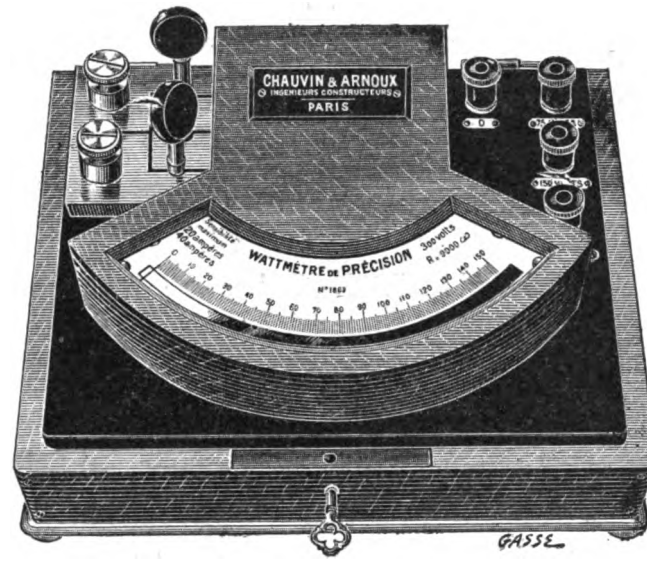
Elle s'est attachée particulièrement à la précision de la fabrication et à la rigueur de l'étalonnage et a acquis ainsi, grâce à un personnel technique longuement expérimenté, un caractère de fabrication particulièrement soigné.

Elle a contribué, en fournissant dès le début de l'Industrie électrique des appareils précis, au développement de l'électricité

L'Industrie électrique est, en effet, une des rares industries qui, dès le début, a abandonné l'empirisme pour des méthodes scientifiques à la base desquelles sont, au premier chef, les appareils de mesure; et nous pensons qu'il n'est pas injuste de reconnaître la part importante qu'elle a prise à ce progrès. Elle a sans cesse, précédant les besoins, créé des appareils fournissant à la science de nouveaux moyens d'investigation. En 1900, elle s'est attaché comme Directeur M. Lyonel Pillier, qui donna à la Maison une impulsion particulièrement brillante. En 1916, elle s'assura la collaboration de M. André Arnoux. Les Etablissements Chauvin et Arnoux occupent actuellement de vastes bâtiments entièrement adaptés aux méthodes modernes de travail.

La Direction technique, comprenant actuellement les meilleurs spécialistes, est parvenue, par le choix de son outillage et la rigueur de ses procédés de fabrication, à abaisser considérablement le prix de revient tout en gardant à sa fabrication le caractère de précision qui fait sa réputation.





Ses laboratoires et plates-formes ont acquis par leur longue expérience une compétence et une documentation uniques.

Ses fabrications s'étendent à tout ce qui concerne les mesures électriques et se classent en deux groupes faisant l'objet de deux catalogues distincts.

Pour les tableaux de distribution, notons les voltmètres, ampèremètres, milliampèremètres et wattmètres en séries électromagnétiques, électrodynamiques, à cadre mobile, caloriques et électrostatiques, les fréquencemètres, phasemètres et synchronoscopes et les nouveaux appareils caloriques ou thermo-électriques pour la haute fréquence et, enfin, les transformateurs de mesures.

Pour le contrôle des installations, les boîtes de contrôles apériodiques ou caloriques, les wattmètres électrodynamiques ou caloriques, les enregistreurs apériodiques, électrodynamiques ou caloriques avec série complète de mouvements d'horlogerie, les ohmmètres, les microhmmètres et mégohmmètres, etc...

Pour le laboratoire, les potentiomètres divers, la caisse universelle, les galvanomètres sensibles à suspension élastique ou à réflexion, et ceux à enregistrement photographique, les ponts de Wheatstone, de Kelvin, de Kohlrausch, de Sauty, résistances étalonnées, piles étalon, etc...

En 1903, elle s'est adjoint la fabrication des pyromètres, qui est devenue aujourd'hui une des branches importantes de ses ateliers et s'est attachée à la réalisation d'appareils robustes et à fort couple mécanique pour les emplois industriels, en dehors des appareils sensibles pour les recherches de laboratoire.

Pour l'automobile, puis l'aviation, elle a créé une nouvelle section d'appareils de mesure pour ces branches nouvelles (tachymètre, tachodomètre, indicateur de vitesse, anémomètre, boussole, compteur d'essence, indicateur de pente, etc.).

Dès 1899, la maison Chauvin et Arnoux recevait, de la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale, la médaille d'or pour ses créations d'appareils nouveaux et par la suite elle a obtenu la consécration de ses travaux en gagnant les plus hautes récompenses aux expositions officielles.

Digitized by Google

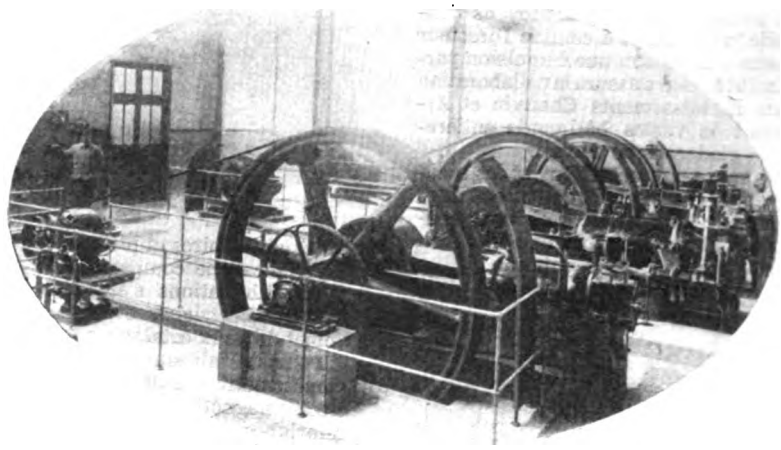
ACCUMULATEURS DININ

SOCIÉTÉ DES ACCUMULATEURS ELECTRIQUES

(Anciens Établissements A. DININ)

Capital Social : 6 Millions de francs

NANTERRE (Seine)



Centrale électrique. Puissance, 600 chevaux.

VINGT-SEPT ANNÉES d'expérience

Une **ORGANISATION** et un **CONTROLE** scientifiques de la **FABRICATION**

Une **PUISSANTE USINE MODERNE** munie de l'outillage le plus perfectionné

ont placé

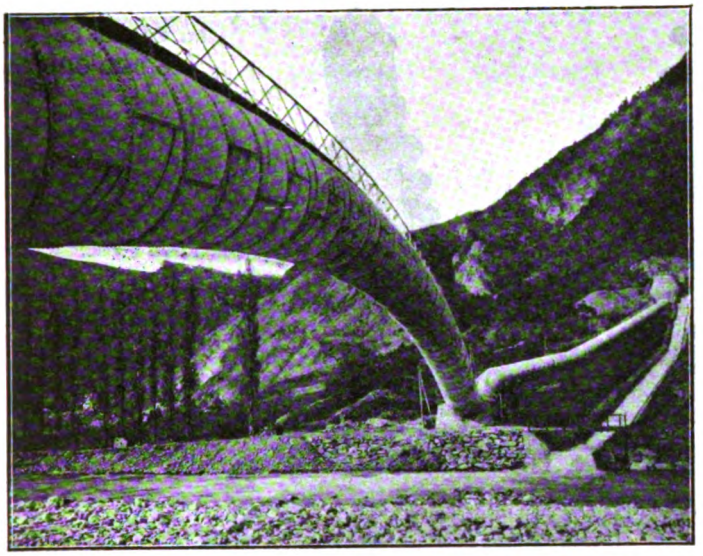
La S. A. E.

(Anciens Etablissements Alfred DININ)

au premier rang de l'Industrie des Accumulateurs

Digitized by Google

ÉTABLISSEMENTS
Bouchayer et Viallet
=GRENOBLE=



Les **Etablissements Bouchayer et Viallet**, société anonyme au capital de 6 millions de francs, qui occupent à Grenoble, en bordure du Drac, une superficie de 39 hectares, ont été constitués en 1913 pour faire suite à la Société en nom collectif que M. Joseph Bouchayer avait fondée en 1868 en s'associant peu de temps après avec M. Félix Viallet.

L'accroissement rapide de cette maison l'avait obligée, depuis cette date, à déplacer trois fois ses installations dans l'intérieur de la ville de Grenoble.

Sur l'emplacement actuel fut d'abord construite une fonderie de fer en 1898, à laquelle furent bientôt annexés les ateliers de grosse chaudronnerie et de construction métallique.

Le développement prodigieux de la houille blanche depuis quarante ans permit à cette maison, tout d'abord spécialisée dans les installations de chauffage, de se créer une place prépondérante pour l'aménagement des chutes hydrauliques.

Les Établissements Bouchayer et Viallet, qui possèdent depuis 1910 une usine de tuyaux soudés au gaz à l'eau récemment doublée, sont donc particulièrement outillés pour la construction des **conduites forcées**.

Plus de 1 million de chevaux ont déjà été installés.

Comme caractéristiques à noter, citons :

Les 1050 mètres de chute de la conduite des Sept-Laux *(Société générale de Force et Lumière)* ;

Le diamètre de 5 mètres pour le collecteur de l'Usine de Sainte-Tulle *(Energie électrique du Littoral méditerranéen)* ;

Les 7 conduites parallèles sous 750 mètres de chute de l'Usine d'Eget *(Cie des Chemins de fer du Midi)*.

En créant un atelier de tuyaux soudés les E. B. V. ne se sont pas désintéressés des tuyaux rivés et sont parvenus, par une clouure spéciale, à réaliser une économie de poids de tôles d'environ 30 pour 100 pour une même fatigue du métal.

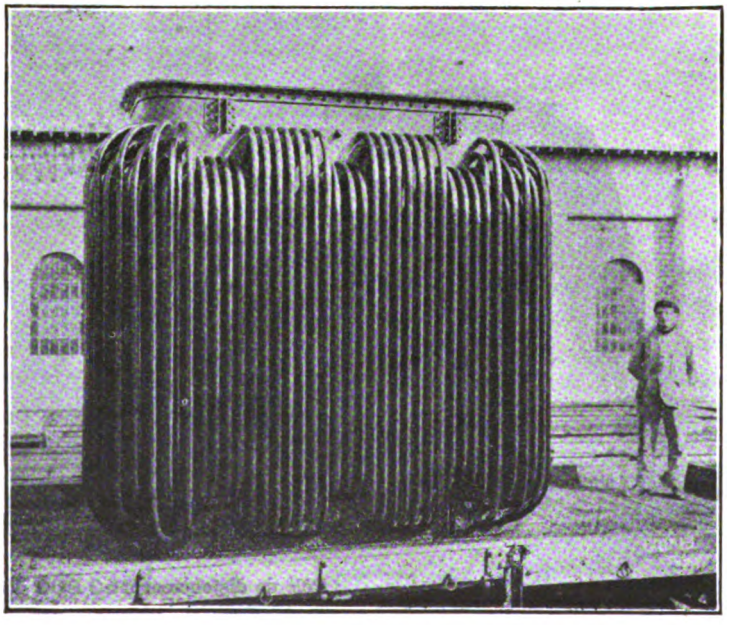
L'équipement des prises d'eau a marché de front **avec** celui des **conduites forcées** ; des **vannes** de tous systèmes et de toutes dimensions ont été construites, telles celles de Mauzac, du Drac-Romanche et de la Basse-Isère.

Dans cette dernière chute, chaque élément de vanne avait 19 mètres de largeur sur 11 mètres de hauteur et pesait plus de 130 tonnes.

De nombreux dispositifs ingénieux ont été réalisés par les E. B. V. ; tels, l'appareil automatique d'arrêt de débit, le défeuillage automatique, le brise-coup-de-bélier, sans compter tous ceux dont la pratique est devenue courante et qu'il ne convient pas d'énumérer ici. Pour la transmission des énergies produites, les E.B.V. ont construit d'importantes lignes en **pylônes métalliques** ; l'une de ces lignes, celle de Dauphiné-Centre n'a pas moins de 150 kilomètres de longueur, avec une traversée sur le Rhône d'une portée de 350 mètres.

L'utilisation rationnelle du courant distribué a amené les E. B. V. à se créer une nouvelle spécialité dans la construction de **cuves de transformateurs**, en tôle lisse ou ondulée, et, dernièrement, dans la construction de cuves à tubes extérieurs sans soudure.

Ceci nous amène en terminant cet aperçu à rappeler la spécialité la plus originale et peut-être la plus intéressante de toutes pour l'avenir des E. B. V., nous voulons parler des **tubes électrolytiques**, obtenus directement par dépôts, en fer chimiquement pur. Cette fabrication trouve non seulement son débouché dans la vente de tubes minces ou extra-minces sans soudure, mais aussi parmi les industries d'appareils de précision qui recherchent, comme matière première, un métal d'une grande pureté et possédant au surplus certaines qualités magnétiques.



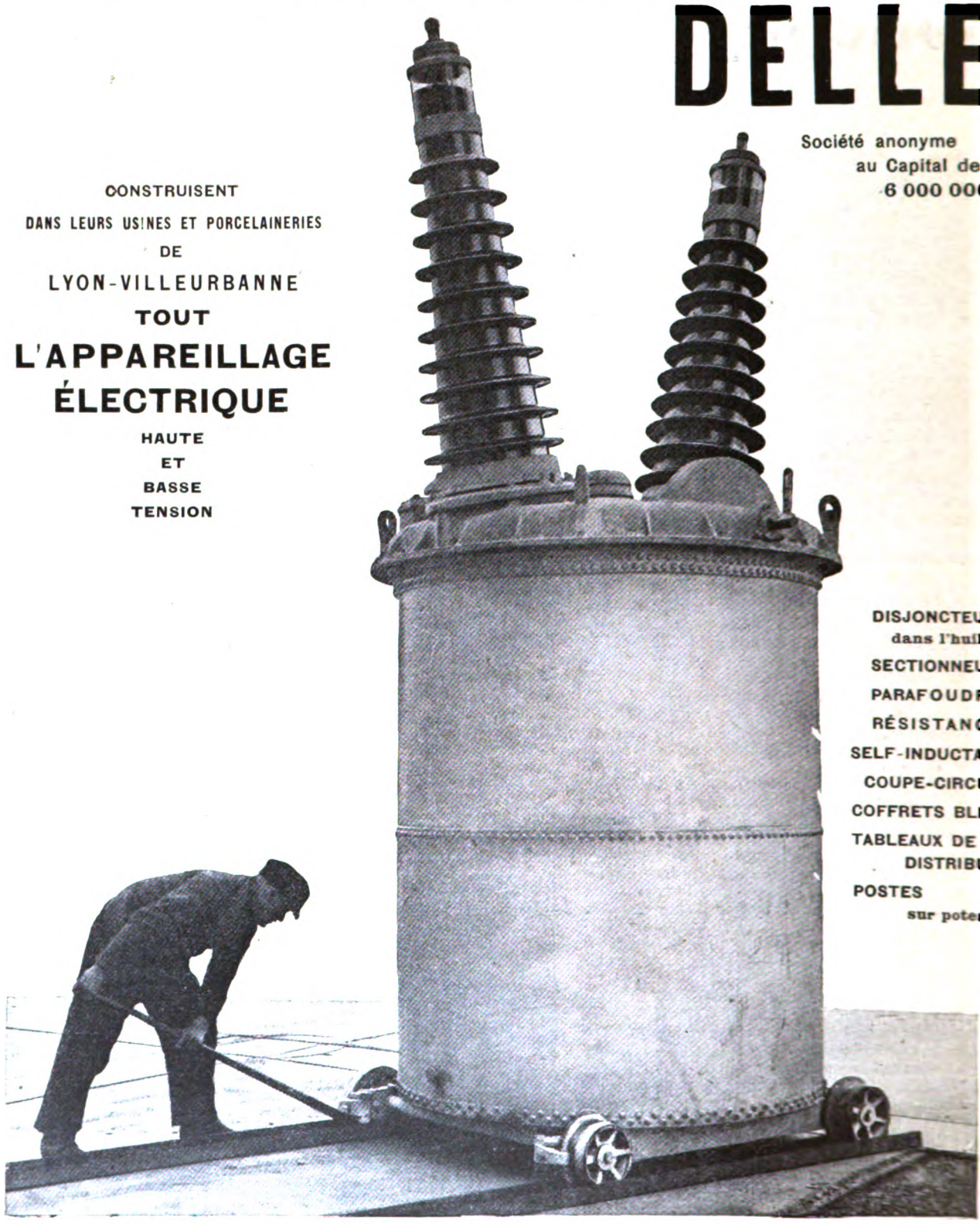
Digitized by Google

LES ATELIERS
DE CONSTRUCTIONS ÉLECTRIQUES DE

DELLE

Société anonyme
au Capital de
6 000 000 fr.

CONSTRUISENT
DANS LEURS USINES ET PORCELAINERIES
DE
LYON-VILLEURBANNE
TOUT
L'APPAREILLAGE
ÉLECTRIQUE
HAUTE
ET
BASSE
TENSION



DISJONCTEURS
dans l'huile
SECTIONNEURS
PARAFOUDRES
RÉSISTANCES
SELF-INDUCTANCES
COUPE-CIRCUITS
COFFRETS BLINDÉS
TABLEAUX DE
DISTRIBUTION
POSTES
sur poteaux

Pôle de disjoncteur **150 000 Volts** pour l'extérieur.

PARIS — 28, Boulevard de Strasbourg, 28 — PARIS
Téléphone : **NORD 47-96**

Digitized by Google

Appareillage Electrique MIZERY & BONVOISIN

L. BONVOISIN, constructeur

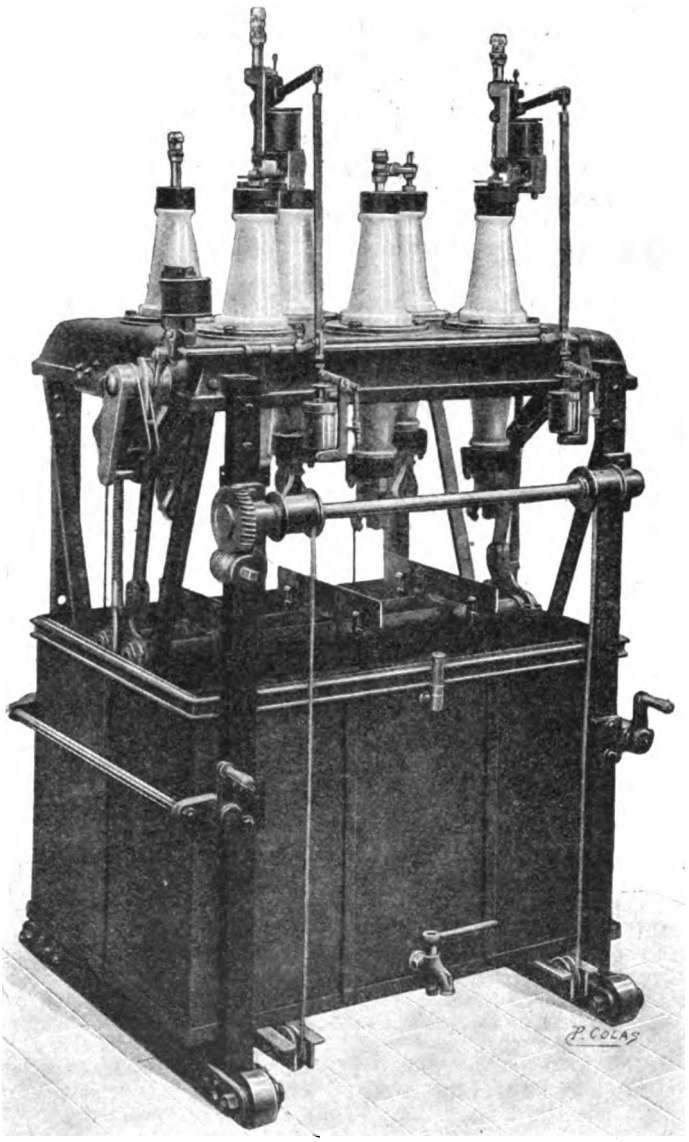
35, Boulevard Richard-Lenoir, PARIS (XIe)

La Maison **Mizéry & Bonvoisin**, créée en 1893, aux 25 et 27, rue Amelot, s'est appliquée depuis cette époque à perfectionner et améliorer constamment le petit appareillage électrique; elle a établi notamment toute une série d'appareils étanches sous boîte fonte qui répondent complètement aux besoins des mines, compagnies de chemins de fer et toutes industries où il est nécessaire d'employer ce matériel.

Cette Maison qui fabrique également de nombreux appareils d'éclairage en bronze a vu, en peu de temps, cette branche à côté prendre un développement considérable et elle a créé de nombreux modèles très séduisants qui sont reproduits dans un catalogue spécial de luxe de près de 200 pages et qui a retenu longuement notre attention.

Pour satisfaire aux besoins de sa clientèle tous les jours plus importante, cette Maison s'est transférée, en 1912, dans de vastes immeubles construits spécialement pour elle au 35 du boulevard Richard-Lenoir. Encore trop à l'étroit dans ses nouveaux locaux elle a dû établir 10, rue Bréguet, à proximité de ses magasins, des ateliers pourvus d'un outillage moderne qui lui permet d'exécuter les travaux les plus importants et la construction de tout le gros appareillage. Nous croyons savoir que ce constructeur songe à augmenter encore ses moyens de production et envisage actuellement la création de nouveaux ateliers.

A la dernière Foire de Paris, nous avons pu voir et admirer une cabine haute tension pour départ 5.000 kv-a. — 15000 volts, dotée de tous les derniers perfectionnements et très ingénieusement conçue. Celle-ci comportait, entre autre, un disjoncteur à rupture dans l'huile, 15 000 volts, 250 ampères à déclenchement direct avec retardateur réglable, possédant une puissance de rupture de 60 000 kv-a. que nous avons la bonne fortune de pouvoir reproduire ici. Cette cabine voisinait avec un sectionneur tripolaire 5 000 ampères, 6 000 volts, à commande mécanique, exécuté spécialement pour l'usine de Vitry de l'Union d'Électricité. Cet appareil, par ses dimensions imposantes et son fini d'exécution, a prouvé à tous les visiteurs que la Maison **Bonvoisin**, grâce à son organisation et au personnel de techniciens dont elle a su s'entourer, avait apporté une large contribution à la mise au point du matériel électrique nécessaire aux grandes usines métallurgiques, aux centrales, aux mines, etc., et qu'elle se classait parmi nos meilleurs constructeurs.



Nous terminerons ce court exposé, en rappelant que cette firme a obtenu une médaille d'or à l'Exposition de Strasbourg, 1919, des diplômes d'honneur à Beyrouth en 1920, à Gand en 1921, à Montréal en 1922, et qu'elle vient enfin de se voir décerner le Grand Prix à l'Exposition de Limoges.

Cette Maison a édité, comme nous le disons plus haut, un album spécial concernant les bronzes d'éclairage, et un catalogue pour le petit et gros appareillage des plus intéressants que nous conseillons à nos lecteurs de lui demander; elle se fera un plaisir de les adresser franco,

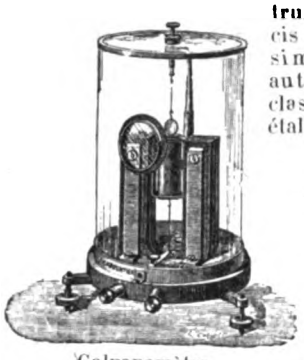
Digitized by Google

ATELIERS J. CARPENTIER

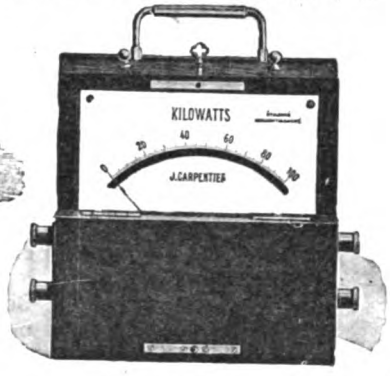
20, Rue Delambre, 20 — PARIS (14e)

APPAREILS DE MESURES ELECTRIQUES

Spécialisés depuis plus de 40 ans dans la construction des appareils de mesures électriques, dont la plupart ont été créés par eux, les ateliers J. Carpentier ont sans cesse développé leur fabrication pour répondre aux demandes chaque jour plus nombreuses et plus variées concernant, soit les instruments de laboratoire les plus précis et les plus délicats, soit même les simples indicateurs de charge des automobiles. En dehors des modèles classiques des laboratoires et des étalons universellement connus, de



Galvanomètre Deprez-d'Arsonval.



Appareil portatif de contrôle.

nouveaux appareils ont été créés, récemment, surtout dans le domaine des mesures qui se rattachent au contrôle industriel.

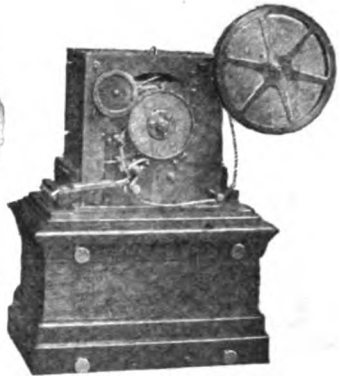
Au point de vue de mesures des résistances, les ponts de Wheatstone de précision ont été complétés par des modèles permettant tantôt la mesure des résistances moyennes (boîte industrielle, rhéostat à pont et galvanomètre, logomètre, tantôt celle des faibles résistances (pont double de Thomson, micrommètre) tantôt celle des isolements (ohmmètres, galvanomètres universels, appareils d'essai de câbles). La série des ohmmètres a été particulièrement développée de façon à répondre aux desiderata de l'industrie qui demande à mesurer depuis les isolements des installations ordinaires à 110 volts ou 220 volts, allant de 5 à 20 mégohms, jusqu'aux isolements des installations à haute tension où les mesures portent sur des centaines de mégohms.

Les appareils des grandes centrales pour tableaux, pupitres ou colonnes, se distinguent par le fini de leur exécution et leur exactitude. Tous ces appareils, ampèremètres, voltmètres, wattmètres, phasemètres, fréquencemètres, relais, présentent le même aspect, et permettent de composer des tableaux d'un bel effet décoratif. D'autre part, en ce qui concerne les appareils portatifs de contrôle, les ateliers Carpentier sont les premiers, et jusqu'ici les seuls, à avoir solutionné d'une façon complète la question des sensibilités multiples en courant alternatif, tant pour les wattmètres et électrodynamomètres de toutes sortes que pour les appareils électromagnétiques (voltmètres ou ampèremètres), en mettant au point la solution des bobines d'intensité amovibles et aussi la solution des shunts non inductifs.

Quant aux enregistreurs de toutes catégories, ampèremètres, voltmètres, wattmètres, fréquencemètres, phasemètres, les modèles J. Carpentier à ordonnées rectilignes, à cage métallique ou vitrée, à déroulement continu et encrage indéfini, offrent tous les perfectionnements désirables.

Enfin toutes les questions spéciales de mesures électriques ont été étudiées au fur et à mesure des progrès de l'industrie par les Ateliers Carpentier. Les oscillographes, les perméamètres, les hystérésimètres, les appareils d'Epstein, les pyromètres de toutes sortes, à couple thermo-électrique et à résistance, indicateurs ou enregistreurs, sont actuellement répandus dans tous les laboratoires industriels.

D'ailleurs, la fabrication des Ateliers J. Carpentier s'étend à des appareils très divers et de modèles très nombreux concernant la télégraphie (matériel Baudot), la géodésie (tachéographes, appareils pour la mesure des bases, etc.), et, d'une

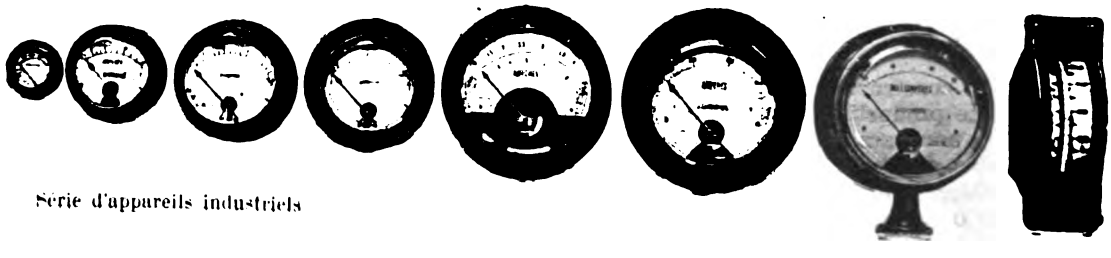


Traducteur Baudot

Wattmètre double à shunts

façon générale, tout ce qui se rattache à la construction des appareils de précision.

Le télégraphe Baudot a pris en particulier, depuis quelque temps, une extension mondiale et les Ateliers Carpentier, qui en ont étudié et mis au point les principaux organes et fournissent actuellement presque toutes les grandes nations, ont apporté dans ces appareils tous les perfectionnements que la pratique a pu indiquer. C'est ainsi qu'à côté des postes doubles ou quadruples à manipulation directe des installations courantes, des modèles de postes avec perforateur à clavier alphabétique et transmetteur automatique ont été étudiés pour obtenir le rendement maximum sur les lignes particulièrement chargées.



Série d'appareils industriels

Digitized by Google

Ancienne Maison J. BRUNT & Cie

COMPAGNIE CONTINENTALE

POUR LA FABRICATION

DES COMPTEURS ET AUTRES APPAREILS

SOCIÉTÉ ANONYME AU CAPITAL DE 12.500 000 FRANCS

Siège Social :

17, rue d'Astorg, 17

(Anciennement 9, Rue Pétrelle)

PARIS

Téléphone : Élysées { 34-65 / 36-59

Adresse Télégraphique : COMPTEURS-BRUNT-PARIS

Usines à Paris, Lyon, Marseille, Bordeaux, Lille, Bruxelles, La Haye, Milan, Naples, Turin, Rome.

La Compagnie Continentale pour la Fabrication des Compteurs et autres Appareils reprit en 1875 la maison Brunt et Cie, fondée en 1859, qui, alors, ne fabriquait que des compteurs à gaz.

C'est vers 1887 que les premiers compteurs d'électricité pour courant continu furent entrepris avec M. Desroziers, mais les premiers appareils vendus furent les compteurs à intégration Brillié, bientôt remplacés par les compteurs moteurs, système « Vulcain ».

Les compteurs moteurs peuvent être employés également en courant alternatif, mais ils comportent, comme les wattmètres, une cause d'erreur due à la réaction du fil fin.

Aussi ont-ils été remplacés par les compteurs à champ tournant qui, à l'origine, consistaient, comme on le sait, en un conducteur métallique massif de révolution, mobile autour de son axe et soumis à l'action de deux champs magnétiques alternatifs rectangulaires présentant une certaine différence de phase, l'un proportionnel au courant à mesurer, l'autre à la tension de distribution.

Le type « Cosinus » a été, pendant de nombreuses années, le plus en vogue.

A l'heure actuelle, tous les compteurs sont du type dit à induction.

Des perfectionnements successifs ont amené à un type réunissant toutes les qualités essentielles, à savoir :

1° Un couple moteur élevé;
2° Une consommation très faible;
3° Une grande exactitude à toutes les charges.

1° *Couple moteur.* — Le couple est le facteur le plus important.

Le couple moteur étant, en effet, proportionnel à l'énergie à mesurer, on conçoit que l'enregistrement sera d'autant plus exact (surtout aux faibles charges) que le couple moteur sera plus élevé par rapport aux couples résistants dus aux frottements inévitables. Or, la difficulté d'obtenir un fort couple réside dans le fait qu'il ne faut sacrifier aucune des autres qualités du compteur.

Si, en effet, on augmente le flux de tension, on augmente la consommation interne; si on augmente les ampères-tours d'intensité, la courbe d'erreur devient mauvaise par suite de la saturation rapide des tôles.

2° *Consommation interne.* — Dans le circuit intensité, la chute de tension causée par la résistance et la self-inductance de l'enroulement est généralement faible; le circuit tension, au contraire, absorbe nuit et jour une énergie constante appelée consommation à vide qui est loin d'être négligeable.

3° *Exactitude à toutes les charges.* — On se rend compte de cette exactitude en traçant des courbes d'étalonnage à toutes les charges et pour différents facteurs de puissance. Il est nécessaire que ces courbes ne soient pas influencées par des variations normales de tension, de fréquence et de température.

Le nouveau modèle M.4 est un appareil de haute précision donnant des conditions d'exactitude très supérieures à celles qui sont imposées par les règlements actuellement en vigueur.

Il possède toutes les qualités ci-dessus exposées :

Précision de l'enregistrement constante à tous les régimes.

Compensation parfaite du facteur de puissance, même pour les plus forts déphasages.

Indications indépendantes des variations de tension et de fréquence.

Consommation de 0,6 watt seulement dans le fil fin à 110 volts.

Démarrage au 1/500 de la charge assurant l'énergie à tous petits débits.

Extrême sensibilité sans marche à vide.

Réglages micrométriques indépendants les uns des autres.

La Compagnie continentale pour la Fabrication des Compteurs a mis au point tous les types de compteurs spéciaux :

Compteurs d'énergie réactive;

Compteurs à double tarif et indicateur de maximum à dépassement, etc.

Digitized by Google

ETS PAUL GADOT, S. A.

Porte Champerret — LEVALLOIS (Seine)

Les Etablissements Paul Gadot, Société anonyme au capital de 2 000 000 francs, ont fait suite à la Maison Paul Gadot l'une des premières fabriques d'accumulateurs électriques, fondée en 1885.

Les Etablissements Paul Gadot construisent les accumulateurs pour toutes applications : éléments à poste fixe, pour la traction électrique, pour le démarrage et l'éclairage des automobiles, pour la télégraphie sans fil, la téléphonie, l'aviation, etc.

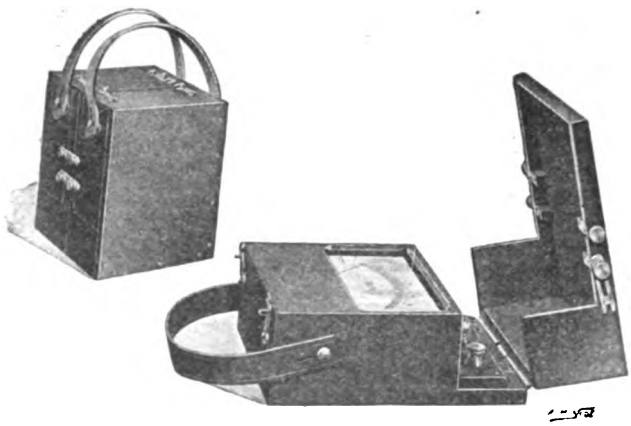
Les Etablissements Paul Gadot fabriquent aussi l'appareillage électrique spécial pour automobiles, tel que : prises de courant, interrupteurs, tableaux de commande, plafonniers, éclaireurs divers, allume-cigares, etc.

Les Etablissements Paul Gadot sont, enfin, les agents d'importants constructeurs de génératrices et moteurs de démarrage pour automobiles, de lampes électriques à filament métallique, d'appareils de téléphonie et de chauffage électrique.

DA et DUTILH

INGÉNIEURS-CONSTRUCTEURS

81, Rue Saint-Maur, PARIS (XIe).



Boîte de contrôle

Les ateliers Da et Dutilh construisent tous les modèles *d'appareils de mesures électriques*, indicateurs de *tableaux* et de *contrôle : ampèremètres, voltmètres, wattmètres, fréquencemètres* et *phasemètres*.

Récemment, ils viennent d'apporter un perfectionnement notable aux *appareils électromagnétiques* en les munissant d'un dispositif original pour *compenser l'effet de l'hystérésis*, qui a été, comme on le sait, le principal obstacle au développement des appareils à fer doux. Ce dispositif nouveau donne à ces appareils, employés depuis longtemps à cause de leur robustesse et de leur prix réduit la qualité qui leur a manqué jusqu'à présent la *précision*, et il a permis de réaliser des *boîtes de contrôle* industrielles robustes et pratiques, fonctionnant indifféremment sur *courant continu* et sur *courant alternatif*.

Nous signalerons, en outre, les appareils spéciaux créés par ces constructeurs : *ohmmètres* et *microfaradmètres*.

Digitized by Google

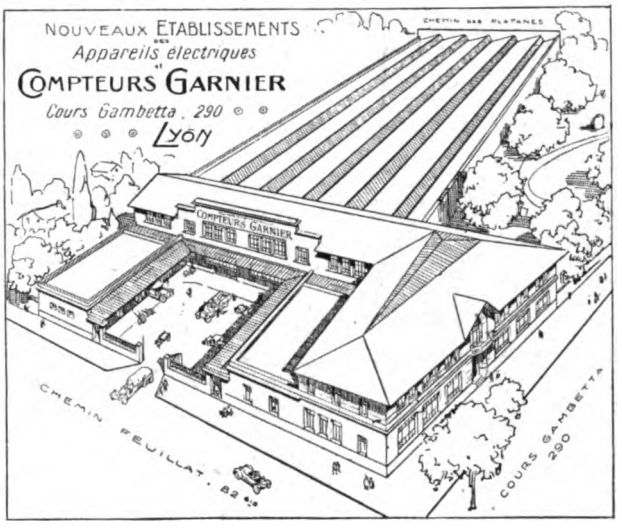
APPAREILS ÉLECTRIQUES ET COMPTEURS GARNIER

Société anonyme au Capital de 1 200 000 francs

Siège social :

LYON

23-25, Rue Cavenne



Maison à :

PARIS (XVIIe)

115, Rue Cardinet

Cette Société, au capital de 1 200 000 francs, prit en Juin 1920 la suite de la Firme J. GARNIER, LABORATOIRE INDUSTRIEL d'ELECTRICITÉ, fondée en 1907 et qui s'était spécialisée dans la construction de tous les appareils concernant l'électricité et plus particulièrement dans celle des compteurs électriques, type A. M. T., pour courants continu et alternatif.

Une Usine et un Laboratoire modèle, établis rue Cavenne, devinrent vite insuffisants, et pour permettre d'adjoindre à la fabrication des compteurs, celle des transformateurs de mesure, des ampèremètres et voltmètres, des limiteurs de courant, des allumeurs-extincteurs automatiques, elle loua une deuxième usine à LYON-VILLEURBANNE et en fit construire à LYON-MONPLAISIR une autre d'une superficie couverte de 6 000 mètres carrés en plein fonctionnement à l'heure actuelle.

Une maison de vente à PARIS avec Laboratoire, et de nombreuses Agences en FRANCE et à l'Etranger permettent à cette Société de voir son chiffre d'affaires augmenter chaque jour.

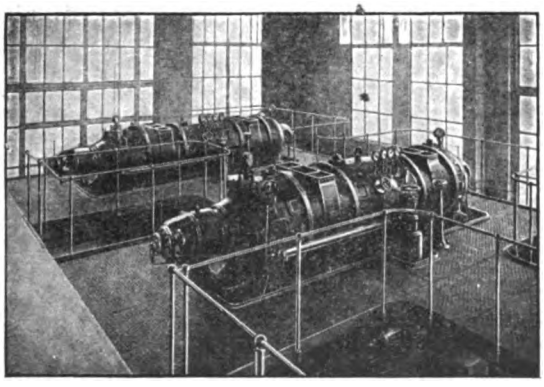
Anciens Établissements

SAUTTER-HARLÉ

Société anonyme au Capital de 8 000 000 francs

16 à 26, Avenue de Suffren

PARIS (15e)



Station centrale de 4 000 kw, comptant 2 groupes de 1 000 kw et un groupe de 2 000 kw à turbine radiale à double rotation, système Ljungström, fournis par les Anciens Établissements Sautter-Harlé.

La maison **Sautter-Harlé**, dont l'origine remonte à 1825, eut ses modestes débuts dans l'atelier de l'opticien **Soleil**, où l'on construisit les premiers phares lenticulaires.

En 1852, cette industrie passa aux mains de Louis **Sautter** qui lui fit prendre rapidement un large développement; successivement, la raison sociale devint : **Sautter-Lemonnier et Cie, Sautter-Harlé et Cie**, puis **Harlé et Cie.**

Enfin, en 1915, la Société en commandite fut transformée en Société anonyme au capital de huit millions de francs, sous la raison sociale « **Anciens Établissements Sautter-Harlé** ».

En poursuivant les applications de l'Electricité, les Etablissements Sautter-Harlé furent amenés à créer et à développer un grand nombre de branches spéciales se rapportant à l'Industrie, à la Guerre et à la Marine.

La technique des phares amena naturellement les A.E.S.H. à s'occuper des machines électriques dès leur création, puis des machines à vapeur, des turbines à vapeur et, en général, de toutes les turbo-machines.

Les A. E. S. H. se sont constamment attachés au développement des applications de l'électricité à bord des navires de Guerre et de Commerce notamment en ce qui concerne les groupes électrogènes à vapeur ou à pétrole, les treuils et norias à munitions, les monte-escarbilles, les grues d'embarcation, projecteurs, la commande électrique des tourelles et des gouvernails, les pompes centrifuges de cales et de service et, en dernier lieu, la propulsion électrique des navires.

Les A. E. S. H. par leur puissante organisation technique qui rayonne sur un grand nombre de branches de l'activité industrielle, se trouvent admirablement placés pour l'étude et la réalisation des programmes les plus variés qui ressortent du domaine de la physique et de la mécanique appliquée.

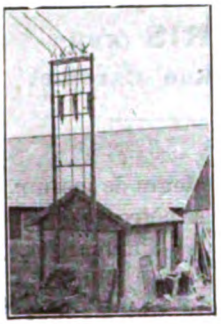
Digitized by Google

Siège social :
12, Bd du Temple
PARIS

L'ÉLECTRIFICATION INDUSTRIELLE

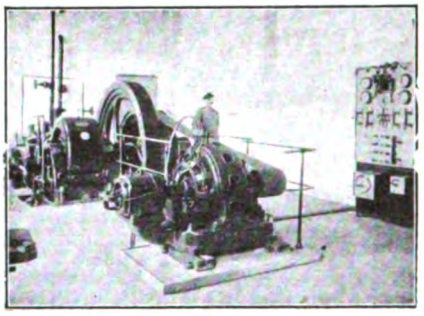
Téléph. Roq. { 19 15 / 07 04

Société anonyme au Capital de 1 500 000 francs.



Cette jeune Société, qui a pris la suite des Établissements **Loustau**, s'est spécialisée dans les installations générales de moyenne importance : **Stations centrales hydrauliques et thermiques, sous-stations, postes de transformation, transmission d'énergie, installation de force motrice électrique**, etc.

La direction de cette Société a su s'adjoindre des techniciens de premier ordre connaissant à fond toutes les solutions actuellement en faveur des grands problèmes concernant l'emploi et la transmission de l'énergie électrique. Cette Société fournit aussi des études remarquées tant par la hardiesse des solutions préconisées que par les économies souvent importantes qui en résultent.



Afin de pouvoir conserver la responsabilité des entreprises générales et éviter les inconvénients bien connus de la centralisation sous une même firme de services par trop différents, l'**Électrification industrielle** s'est intéressée dans les sociétés réputées pour leurs travaux et leur fabrication et s'occupant respectivement d'entreprises de maçonneries, de construction de moteurs hydrauliques, de construction de matériel mécanique et électrique, etc. La Société est ainsi à même de fournir rapidement des devis d'entreprises générales d'usines génératrices complètes avec transmission d'énergie, sous-stations et comprenant jusqu'aux réseaux secondaires de distribution s'il y a lieu.

L'Électrification industrielle possède, en outre, un service spécial d'études se tenant à la disposition de toute Société ou Industriel, de toute Ville ou Service, de tout Syndicat, Coopérative, etc., pour fournir gracieusement une étude donnant les solutions économicotechniques des problèmes qu'ils désirent voir résoudre au mieux de leurs intérêts.

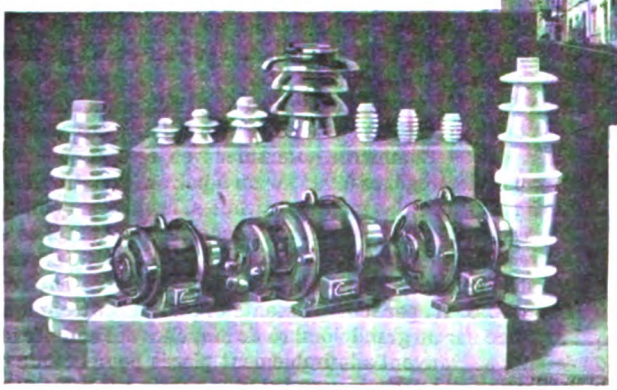
Compagnie CEMDEM

à MONTREUIL-SOUS-BOIS (Seine)

La Compagnie CEMDEM, fondée pendant la guerre pour répondre aux besoins de l'Aéronautique militaire, a su, depuis l'armistice, adapter son matériel de machines-outils aux fabrications de l'heure présente. Réalisant un effort superbe, elle s'est en outre adjoint une importante section Céramique.

Ses Usines, construites suivant toutes les exigences modernes, s'étendent actuellement sur une superficie d'environ 8 000 mètres carrés.

Façade des Usines sur la rue Condorcet.



Porcelaines et Moteurs de fabrication CEMDEM.

Sous l'impulsion énergique et éclairée d'une direction soucieuse de réaliser des progrès constants, la Cie CEMDEM a pris une place de tout premier ordre parmi les fabricants de "Porcelaines électrotechniques pour haute et basse tension" tout en se signalant par la construction irréprochable de ses "**Moteurs électriques à courants alternatif et continu**" de petite et moyenne puissance,

Digitized by Google

LE DÉVELOPPEMENT
DES DISTRIBUTIONS D'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE
EN FRANCE

I. A l'origine, l'énergie électrique produite sous forme de courant continu, soit par des batteries de piles, soit par des dynamos, était uniquement utilisée pour l'éclairage. On avait ainsi, d'une part, un générateur statique ou rotatif, et, d'autre part, un appareil récepteur transformant l'énergie produite en chaleur et en lumière.

Mais ces premières applications n'avaient pas encore mis en évidence le principe de la réversibilité des machines électriques, c'est-à-dire la possibilité du passage de la même machine de l'état moteur à l'état générateur. Il faut arriver jusqu'à l'Exposition de Vienne en 1873 pour réaliser la première transmission d'énergie : le courant produit par une dynamo génératrice servait à entraîner une seconde dynamo du même type fonctionnant en moteur.

La première application de la transmission de l'énergie par l'intermédiaire de l'électricité était ainsi réalisée. Elle devait conduire, après bien des tâtonnements et des perfectionnements, aux transmissions de très grandes quantités d'énergie à des distances considérables, au moyen de réseaux à divers étages de tensions.

Marcel Deprez fut probablement le premier à montrer que la transmission à longue distance d'une puissance donnée exige une tension suffisamment élevée, afin de réaliser, d'une part, un rendement convenable et, d'autre part, un écart relatif des tensions aux deux extrémités de la ligne suffisamment faible pour que l'énergie transmise soit le moins dépréciée possible. Desprez étudia plus particulièrement la méthode de transmission par courant continu à tension constante et réalisa quelque transmissions intéressantes, telles que celle que l'on put voir à l'Exposition de Munich (à 2 400 volts) et celle établie en 1887 entre Creil et Paris (à 10 000 volts).

Bien que la découverte de l'alternateur ait précédé celle de la dynamo, le courant alternatif fut longtemps délaissé. Il est vrai que sa théorie était plus compliquée que celle du courant continu ; on doit à Joubert la première théorie simple des alternateurs et l'explication de l'influence de la self-induction et de la capacité des circuits parcourus par des courants alternatifs sinusoïdaux. Cela

Digitized by Google

explique le peu de faveur qu'eut le courant alternatif juqu'au moment où Gaulard réalisa le transformateur statique qui permettait d'appliquer à la transmission par courant alternatif l'idée de Marcel Deprez de l'emploi d'une tension élevée en vue d'améliorer le rendement et la régulation. Cette simplicité de la transformation, d'une part, et, d'autre part, la simplicité des moteurs asynchrones à cage d'écureuil étudiés avec beaucoup de succès par divers constructeurs français et notamment par M. Maurice Leblanc et par M. Boucherot, qui ont proposé divers dispositifs fort ingénieux, paraissent être les deux causes déterminantes qui ont contribué puissamment à généraliser, au début, l'emploi du courant alternatif et à favoriser son développement presque exclusif.

Tout au plus, trouve-t-on encore quelques distributions à courant continu, soit à potentiel constant relativement bas, pour l'éclairage, soit à courant constant, pour la transmission d'énergie.

Ce dernier système connu sous le nom de système Thury fonctionne, à l'heure actuelle, d'une manière tout à fait satisfaisante entre Moutiers et Lyon (1).

En dehors de cet exemple, les transmissions établies en France utilisent toutes le courant alternatif et sont à potentiel constant, ou presque constant. Cette tension diffère non seulement suivant l'importance et l'étendue du réseau desservi, mais aussi suivant l'époque de l'installation. On n'est pas arrivé, en effet, immédiatement aux tensions élevées actuelles et la transmission à 120 000 volts préconisée depuis plus de quinze ans par les auteurs du projet de la transmission d'énergie de Bellegarde à Paris, par exemple, paraissait alors une limite supérieure. Cette tension et même celle de 150 000 volts sont envisagées actuellement pour tous les grands réseaux en construction et en projet. Le graphique de la figure 1 permet de suivre l'accroissement continu des tensions des transmissions année par année, et indique les tensions les plus élevées des transmissions d'énergie.

Cette courbe en paliers résume l'évolution des progrès réalisés par les ingénieurs électriciens et, en particulier, par les constructeurs pour la mise au point des machines électriques, des transformateurs, de tout l'appareillage et du matériel de ligne, adaptés à ces tensions.

La tension de 220 000 volts est la plus haute tension adoptée actuellement pour quelques lignes américaines. Il semble qu'elle doive toutefois être réservée à la transmission d'un gros bloc d'énergie à coefficient d'utilisation très élevé. Ce sera, par exemple, le cas de la transmission projetée entre Génissiat et Paris. L'appareillage tant des postes que des lignes est assez au point pour que la réalisation d'une transmission à cette tension offre une sécurité suffisante.

Cependant, dans la plupart des cas, on peut se contenter d'une tension plus basse. Il est, en effet, bien inutile d'établir une ligne très coûteuse

(1) La transmission à courant constant, installée par M. Thury entre Saint-Maurice et Lausanne en 1902, a été remplacée en 1919 par une transmission à courant triphasé à 55 000 volts. La canalisation primitive est conservée et sert de ligne de secours.

Digitized by Google

pour la transmission d'une faible quantité d'énergie à petite distance.

La détermination de la tension la plus économique d'un réseau de transmission donné est une question extrêmement complexe ; cette tension est fonction, en effet, de nombreuses variables, telles que la puissance à transmettre, la distance, le facteur de la charge, le prix de l'énergie perdue en ligne. Il est donc nécessaire, dans les projets, d'effectuer des tâtonnements nombreux et fastidieux pour

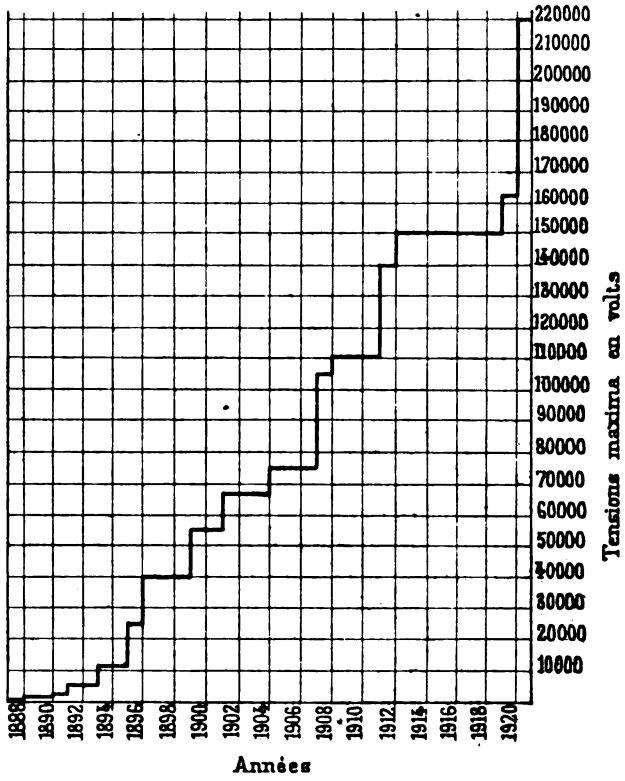


Fig. 1. — Accroissement des tensions de transmission de l'énergie électrique.

rechercher les conditions optima correspondant à chaque cas particulier. Ces tâtonnements peuvent être simplifiés et considérablement réduits par l'emploi de formules empiriques provenant de la comparaison de réseaux existants. La relation suivante indiquée par M. A. Still (1) permet d'établir l'ordre de grandeur de la tension.

Soit 3 P_1 la puissance, exprimée en kilowatts, transmise à x kilomètres par une ligne triphasée ; $U_1\sqrt{3}$, la tension entre phase, en kilovolts, on a :

$$U_1\sqrt{3} = 5{,}5\sqrt{\frac{x}{1{,}609} + \frac{3P_1}{100}}.$$

(1) Alfred Still. *Electric Power Transmission.*

Digitized by Google

Cette formule peut être appliquée pour des transmissions à des distances supérieures à 30 kilomètres.

Nous avons établi, à partir de cette formule, l'abaque de la figure 2 dans lequel les abscisses indiquent la distance de la transmission en kilomètres et les ordonnées, la puissance transmise par ligne triphasée (¹). Chaque droite oblique de l'abaque correspond à une tension déterminée.

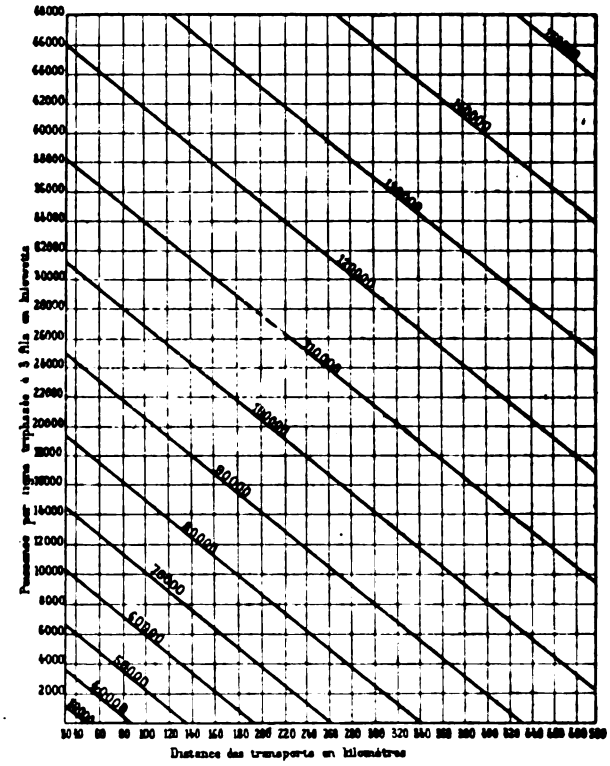


Fig. 2. — Abaque pour le calcul approché de la transmission d'une puissance donnée à une distance donnée.

Soit, par exemple, à transmettre 26 000 kw à 280 km ; l'abaque donne 115 000 volts environ. On choisira la tension normale la plus voisine, soit 120 000 volts. Pour un transport de 13 000 kw à la même distance, la tension économique serait de l'ordre de 96 000 volts environ.

Les valeurs ainsi obtenues ne donnent évidemment qu'une idée générale : elles sont souvent modifiées soit par un examen plus complet, et particulièrement par des tâtonnements numériques assez longs, soit surtout par d'autres

(¹) Voir Ch. Lavanchy ; Relations entre la tension, la longueur d'une ligne et la puissance à transmettre. Rapport présenté à la Conférence internationale des grands Réseaux de Transport d'Energie à très haute Tension, novembre 1921.

Digitized by Google

considérations qui souvent sont capitales, telles que proximité de réseaux existants, programmes d'expansions ultérieures, etc...

L'emploi des courants alternatifs provoqua, au début, quelques surprises, dont la plus curieuse est probablement celle constatée par Ferranti à la mise en route de la transmission par courant alternatif monophasé à 10 000 volts entre la Centrale de Deptford et un des districts de Londres. Cette transmission se faisait par câble. On constata que, dans le cas des très faibles charges, la tension à l'arrivée à Londres était supérieure à celle mesurée à la station génératrice. Ce phénomène qu'ont expliqué plus tard les mathématiciens Heaviside pour l'Angleterre et Vaschy pour la France fut désigné par le terme « d'effet Ferranti ».

Ces travaux furent le point de départ de la technique, actuellement très développée, du fonctionnement des réseaux à très haute tension.

On constata, d'autre part, que l'emploi du moteur synchrone comme compensateur de phase permet de réaliser des transmissions à très faible chute de tension et même à chute de tension nulle à toute charge et en tout point du réseau si cela est nécessaire (1).

II. Le courant alternatif est ainsi devenu la forme actuelle de transmission de l'énergie électrique, grâce à sa facilité de transformation par des organes statiques à rendement extrêmement élevé et grâce aussi à la souplesse de ces transmissions, principalement au point de vue de la régulation. Sans préjuger de l'avenir, ni définir la place qui sera faite aux distributions à courant continu à haute tension, il nous suffit de constater qu'en France, comme ailleurs, on construit et on construira encore des lignes de transmission à courant alternatif, dont le fonctionnement est très satisfaisant.

Les installations primitives locales se sont développées pour devenir régionales, et à l'heure actuelle on songe de plus en plus à l'interconnexion de réseaux ou de centrales pour profiter du facteur de diversité et du coefficient d'utilisation de la charge, ou pour utiliser au mieux les sources d'énergie plus ou moins intermittentes. Cette marche en parallèle soulève cependant des questions nombreuses et encore incomplètement résolues.

Des considérations diverses interviennent pour fixer l'économie réalisée par l'énergie électrique d'origine hydraulique et thermique, et pour sa transmis-

(1) A ce propos, nous devons cependant signaler les inconvénients de la marche à potentiel constant dans le temps et dans l'espace qui paraît préconisée à l'heure actuelle. Cette marche ne peut être obtenue qu'en réalisant pour la charge un facteur de puissance en *avance* et qui, pour des transmissions de 100 à 200 km, atteint 0,9 environ. Il en résulte, d'une part, une dépense en moteurs synchrones souvent considérable, leur puissance apparente devant être du même ordre que celle de la charge elle-même quand cette dernière est supposée avoir un facteur de puissance de 0,85 ; d'autre part, une utilisation plus mauvaise des postes et des alternateurs que dans la marche au voisinage du facteur de puissance voisin de l'unité. Il semble donc que la régulation parfaite, dans le temps et dans l'espace, doive être réservée à des cas particuliers, ou peut-être aux réseaux d'interconnexion, mais non aux réseaux de distribution eux-mêmes, au moins tant qu'on n'aura pas trouvé un moyen de régulation moins onéreux.

Digitized by Google

sion à des distances plus ou moins grandes à des tensions plus ou moins élevées.

A un point de vue restreint, limité à la considération d'un prix de revient minimum, on doit constater que le facteur distance est favorable au charbon. La transmission de l'énergie à grande distance par fil devient, en effet, plus onéreux que son transport par rail, tout au moins quand on n'envisage que les charbons à pouvoir calorifique élevé. On peut ainsi tracer autour de chaque centre de production d'énergie hydroélectrique une zone d'action économique en dehors de laquelle il sera plus avantageux de produire sur place l'énergie électrique par usine thermique.

A un point de vue général, cependant, nous avons le devoir de ménager le charbon le plus possible et de le réserver pour les industries qui, comme la métallurgie, ne pourront s'en passer de longtemps. En ce qui concerne la France, ont peut remarquer que, dans la période qui a précédé la guerre, la consommation annuelle du charbon n'a d'ailleurs cessé de croître, ainsi que l'indiquent les statistiques, dans lesquelles nous relevons les chiffres suivants :

1903	44 810	milliers de tonnes
1908	54 650	— —
1913	64 730	— —

Dans cette même période, la puissance installée en usines hydroélectriques est passée de 300 000 à 800 000 chevaux et, d'une façon générale, il n'y a pas eu substitution de la houille blanche à la houille noire, mais bien création d'entreprises nouvelles.

Les capitaux investis en France dans l'aménagement des chutes d'eau s'élevaient en 1913 à 800 millions de francs; et de 1913 à 1922 les dépenses nouvelles se sont élevées à plus de 700 millions de francs. La puissance aménagée correspondante est très voisine de 2 millions de chevaux (1 900 000 chevaux en 1919). Ce dernier chiffre nous place en tête des pays d'Europe au point de vue de la puissance installée, ainsi que l'indique le tableau suivant (1).

	Puissance aménagée, en chevaux.
France	1 900 000
Norvège	1 120 000
Italie	1 076 000
Suède	704 000
Allemagne	618 000
Autriche-Hongrie	566 000
Suisse	526 000
Espagne	500 000

(1) Chiffres extraits du Rapport général sur l'Industrie française publié en 1919 par la Direction des Etudes techniques du Ministère du Commerce.

Digitized by Google

Ces chiffres peuvent être rapprochés de ceux correspondant à la puissance totale disponible dans chaque pays ; le tableau suivant donne, d'une part, la puissance disponible en eaux moyennes (1) pour divers pays ; d'autre part, la proportion de cette puissance aménagée.

	Puissance hydroélectrique disponible en eaux moyennes en chevaux.	Puissance aménagée en centièmes de la puissance disponible.
France	9 500 000	20
Norvège	7 500 000	14,9
Suède	6 750 000	15,9
Autriche-Hongrie	6 450 000	10,4
Italie	5 500 000	19,6
Espagne	5 000 000	10
Suisse	3 000 000	17,5
Allemagne	1 450 000	42,6
Angleterre	396 000	

La France occupe ainsi le second rang dans l'aménagement relatif des ressources en énergie hydroélectrique, le premier rang revenant à l'Allemagne qui malgré ses faibles ressources totales, en a aménagé 42,6 pour 100. Nous sommes suivis de très près par l'Italie (19,6 pour 100) et par la Suisse (17,5 pour 100), de plus loin par la Suède (15,9 pour 100) et par la Norvège (14,9 pour 100).

D'autre part, le capital investi en France dans l'industrie de la construction électrique s'élevait, en 1913, à 307 millions de francs : l'année 1913 a donné lieu à elle seule à une production de matériel électrique de 193 millions de francs.

Ces quelques chiffres, quoique un peu anciens, sont suffisants cependant pour donner une idée de la place importante qu'occupait, à la veille de la guerre, l'industrie électrique dans l'activité industrielle de notre pays.

L'énergie électrique, et particulièrement celle d'origine hydraulique, a joué un rôle considérable dans les travaux de guerre et a été un des facteurs déterminants de la victoire définitive.

A partir de 1918, elle a repris son véritable rôle de progrès dans la paix ; et on peut constater qu'à l'heure actuelle les applications industrielles de l'électricité tendent à pénétrer dans toutes les branches de l'activité humaine.

Au point de vue de l'*éclairage*, l'électricité conduit à une solution qui l'emporte sur toutes les précédentes par sa commodité d'emploi et d'entretien, par sa sécurité, son hygiène, son esthétique et son prix très abordable qui a permis sa large diffusion parmi toutes les classes de la société. En 1916, 5 millions d'habitants recevaient leur éclairage d'usines hydroélectriques ; cependant, il y a encore actuellement en France près de vingt mille communes non desservies par des réseaux d'électricité et il est certain que, durant les prochaines

(1) Chiffres extraits du Rapport général sur l'Industrie française publié en 1919 par la Direction des Etudes techniques du Ministère du Commerce.

Digitized by Google

années, dès que la stabilisation des cours des matériaux le permettra, une grande activité se produira de nouveau dans les industries électriques.

Au point de vue de la production de la *force motrice*, l'électricité a trouvé des applications heureuses dans l'aménagement des ateliers pour l'entraînement des machines-outils ou pour la manœuvre des grues, monte-charges et ponts roulants, et dans l'exploitation agricole pour l'entraînement des machines fixes telles que les batteuses à grains, ou des machines mobiles, telles que les charrues.

Au point de vue de l'*électrométallurgie* et de *l'électrochimie*, les développements de l'aménagement des chutes, en particulier, ont fait faire à ces industries des progrès rapides. La production des aciers fins, des ferros, du carbure de calcium et des produits azotés ou chlorés a contribué à l'enrichissement de l'économie nationale.

Enfin, l'application de l'énergie électrique à la *traction* sera réalisée dans un avenir relativement prochain.

Les principaux avantages que l'on peut retirer de l'électrification des lignes de chemins de fer d'intérêt général sont :

Economie sensible des frais de main d'œuvre et de surveillance par la réunion des génératrices en une seule station centrale ;

Commodité de l'adaptation du moteur électrique à la commande des essieux du matériel roulant ;

Répartition de l'effort sur chaque voiture par l'emploi des automotrices ;

Stationnements réduits au minimun et meilleure utilisation des quais, puisqu'il n'y a plus à faire le ravitaillement en charbon et en eau.

Cependant on se heurte, dans cette électrification, à des difficultés financières considérables : les compagnies qui ont immobilisé de très gros capitaux, hésitent à supprimer ou à transformer un matériel incomplètement amorti.

III. Nous ne pouvons songer à donner ici un résumé général du développement continu des diverses sociétés de distribution d'énergie; nous ne nous arrêterons que sur quelques exemples. D'ailleurs, la plupart présentent des développements semblables.

La Société générale de Force et Lumière présente un intérêt particulier à cause de la production mixte de courant continu série et de courant triphasé.

La plus ancienne usine de cette Société est celle d'Avignonet, sur le Drac, mise en service en 1902 et dont la puissance est de 6 500 kw. Depuis, de nouvelles usines sont venues augmenter progressivement la puissance utilisable qui, en 1902, se montait à 63 700 kw. Ces sources d'énergie se répartissent en trois catégories :

1° Les stations génératrices hydroélectriques produisant du courant continu série. Ce sont les usines de Moutiers et Bozel en Savoie et Fond-de-France dans l'Isère branchées en série sur une même ligne à courant continu de 220 km de

Digitized by Google

longueur fonctionnant sous une tension variable de 0 à 100 000 v. Ce groupe d'usines représente une puissance d'environ 20 000 chevaux.

2° Les stations génératrices hydroélectriques produisant du courant alternatif triphasé à 50 périodes par seconde. Ce sont les usines d'Avignonet, de la Bridoire, de Gavet, d'Allemont et les deux usines de Bellegarde qui fournissent du courant à 45 000 volts sur un réseau primaire d'environ 1 000 km de développement. Ce deuxième groupe d'usines correspond à une puissance voisine de 40 000 chevaux.

3° Une usine centrale à vapeur 4 000 kw produisant du courant triphasé à 10 000 volts.

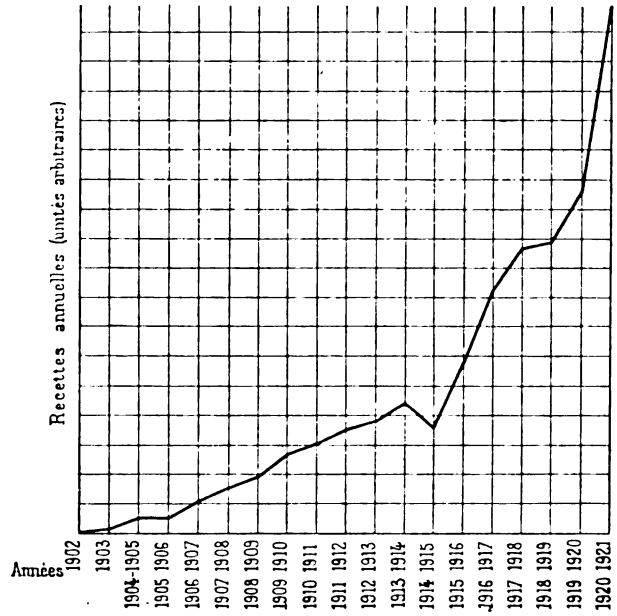


Fig. 3. — Graphique indiquant l'accroissement des recettes de la Société de Force et Lumière (réseau mixte à courant alternatif et courant continu série)

4° Un moteur Diesel de 4 000 chevaux, produisant également du courant triphasé à 10 000 volts.

En principe, l'énergie sous forme de courant continu série est destinée à Lyon et l'énergie sous forme de courant triphasé est destinée à la distribution dans les départements de l'Isère, de l'Ain, du Rhône, de la Drôme, de l'Ardèche et de la Loire.

Une station (Vaulx-en-Vélin) est chargée d'établir la liaison de ces diverses sources d'énergie par le moyen de groupes de transformation continu alternatif réversibles.

L'énergie thermique à 10 000 volts vient de même s'accoupler au secondaire des deux réseaux principaux. On se fera une idée du développement finan-

Digitized by Google

cier de la Société générale de Force et Lumière en examinant le graphique de la figure 3 qui indique les recettes annuelles, produit de la vente d'énergie. A l'exception d'une légère chute dans la période 1914-1915, les recettes ont continué à s'accroître très régulièrement.

La Compagnie électrique de la Loire et du Centre présente un intérêt particulier à cause de la conjonction réalisée entre ses usines thermiques et hydrauliques. En effet, quelle que soit son origine, l'énergie hydroélectrique suit fatalement les fluctuations du débit ou de la hauteur de chute du fluide moteur. Le cas le plus frappant est celui des marées qui fournissent un travail intermittent de durée variable, chaque période de travail étant séparée par une période de production nulle, au moins tant qu'on considère le fonctionnement d'un bassin unique. Pour être moins marquées, ces fluctuations existent cependant dans la production de l'énergie obtenue par l'aménagement des cours d'eaux. A ce point de vue, on sait que l'on peut classer les rivières en deux grandes catégories : d'une part, celles dont la majeure partie de l'eau provient des régions des glaciers ou des neiges perpétuelles, d'autre part, celles qui sont plus particulièrement alimentées par de l'eau de pluie. Les premières présentent un maximum de débit très net dans les mois d'été et une période d'étiage dans les mois d'hiver. Les secondes roulent leurs grosses eaux au moment des chutes abondantes de pluie, dont la période est naturellement variable suivant les saisons. Cependant, ces crues, plus ou moins subites selon la nature du sol et des végétaux qui le recouvrent, se présentent généralement au printemps et en automne. Ces deux types de rivières ne sont évidemment pas nettement délimités : par exemple, les cours d'eau descendant des Alpes peuvent être grossis d'affluents à caractère différent. C'est le cas de l'Isère qui en grossissant se transforme peu à peu, tendant à perdre en partie son caractère nettement alpestre qu'elle a au voisinage de sa source.

Il résulte de ces remarques bien connues, que l'énergie hydroélectrique peut se décomposer en deux parties, l'une correspondant au débit d'étiage pouvant être entretenue toute l'année et qui, par conséquent, constitue l'énergie *constante* directement vendable ; l'autre, variable, venant se superposer au débit d'étiage.

On a cherché depuis longtemps à régulariser cette production d'énergie soit en *accumulant* une partie de l'énergie intermittente pour la répartir au mieux des besoins, soit en *suppléant* à l'énergie des périodes d'étiage par l'apport d'énergie nouvelle produite par des centrales dites de secours.

L'accumulation électrique à laquelle on pourrait songer, tout d'abord, est coûteuse et peu pratique à cause de l'obligation d'utiliser des batteries d'accumulateurs dont l'entretien est élevé et le rendement en énergie bas.

L'accumulation thermique sous forme de vapeur chauffée électriquement ne semble pas économique non plus.

Digitized by Google

L'accumulation hydraulique est employée toutes les fois que la disposition du terrain se prête à l'établissement d'un réservoir de capacité suffisante.

Enfin, on a créé des centrales thermiques de secours, à vapeur, à pétrole ou à huiles lourdes (moteur Diesel). Mais les progrès réalisés par les transmissions

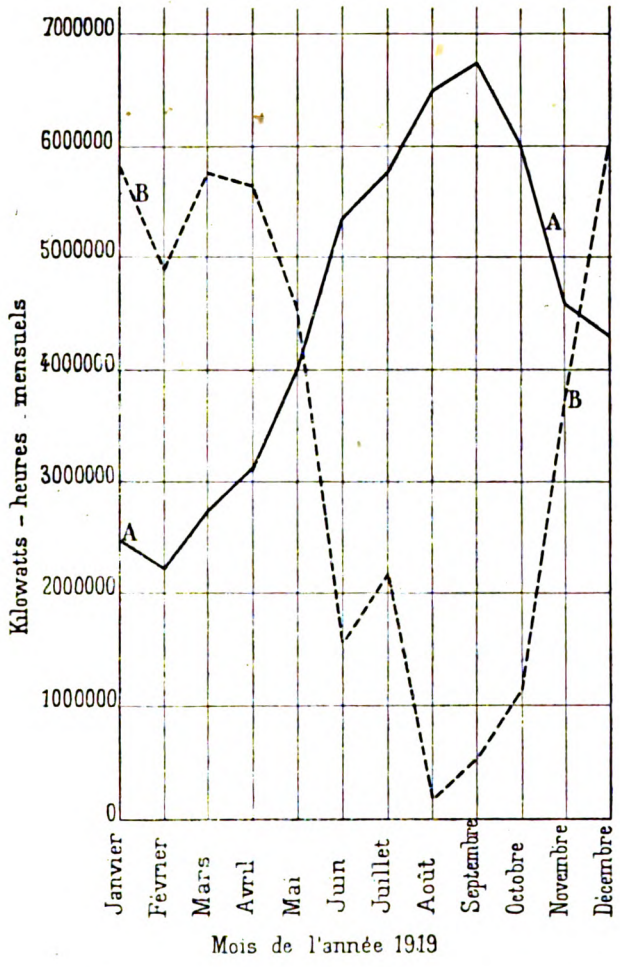


Fig. 4. — Graphique de la compensation de l'énergie hydroélectrique réalisée par la Compagnie électrique de la Loire et du Centre. Courbe A, énergie des Alpes; Courbe B, énergie du bassin de la Loire.

d'énergie à haute tension conduisent à une solution beaucoup plus élégante applicable au cas de régularisation de quantités d'énergie importantes.

Cette solution consiste à établir une *double alimentation* des régions desservies au moyen de deux centres hydroélectriques à caractères différents.

C'est ce procédé qui a été appliqué, en France, avec beaucoup de succès par

Digitized by Google

la Compagnie électrique de la Loire et du Centre dans la région de Saint-Etienne en associant l'énergie de ses usines hydrauliques de la région du Massif Central avec une partie de l'énergie des usines hydrauliques de la région du Dauphiné.

Le graphique de la figure 4 indique le nombre et l'origine des kilowatts-heure transmis ou produits dans la région de Saint-Étienne en fonction des divers mois de l'année.

Une partie importante de l'énergie rendue dans le secteur de Saint-Étienne est achetée dans les Alpes et transmise dans de très bonnes conditions d'exploitation (9 pour 100 de perte de puissance, 12 pour 100 de chute de tension pour 10 000 kw transportés au facteur de puissance 0,85), par la ligne Dauphiné-Centre à 60 000 volts (Courbe A), pour compenser la plus grande partie du déficit de l'énergie des usines hydrauliques du Bassin de la Loire (Courbe B), ce qui permet ainsi d'éviter la production à la vapeur d'une puissance élevée pendant une période de l'année seulement.

La Compagnie électrique de la Loire et du Centre résulte de la fusion, en novembre 1912, de la Compagnie électrique de la Loire (fondée en 1893) et de l'Energie du Centre (fondée en 1905).

La distribution a pris un développement rapide dû en particulier à l'industrie rubanière et à la petite industrie. A partir de 1900, sa clientèle, jusqu'alors constituée principalement par de petits artisans (installations de 10 chevaux au maximum) s'est étendue depuis à la grosse industrie.

A l'heure actuelle sa puissance installée comprend : pour les usines thermiques, 28 000 kw et pour les usines hydrauliques, 24 550 kw. Toutes ces usines, à l'exception de celle de l'Ance (usine hydroélectrique de 12 500 kw), près de Monistrol-sur-Loire, existaient avant la guerre. Cette dernière a été mise en service en 1917. Enfin, par contrats avec d'importantes sociétés de la région des Alpes, la Compagnie dispose d'une puissance hydroélectrique pouvant atteindre 17 580 kw.

L'énergie recueillie dans la région du Dauphiné est transmise à la tension de 60 000 volts à partir du poste de Grenoble jusqu'à la station de Saint-Chamond par la ligne Dauphiné-Centre à 6 câbles d'aluminium, longue de 117 kilomètres.

La tension est ramenée à 30 000 volts au poste de Saint-Chamond d'où partent diverses lignes qui desservent la Ville de Saint-Etienne, la ville de Saint-Chamond et les régions très industrielles qui les avoisinent.

De Saint-Étienne partent aussi deux lignes à 30 000 volts, l'une destinée à l'alimentation du secteur de Roanne ; l'autre, pour l'alimentation des réseaux ruraux de la Loire et de la Haute-Loire.

Enfin, les secteurs de Roanne et de Montluçon possèdent chacun un réseau primaire à 30 000 ou 20 000 volts.

Digitized by Google

Les distributions de la Compagnie électrique de la Loire et du Centre s'étendent à une population d'environ 1 500 000 habitants sur lesquels 700 000 sont desservis (en 1921),

La figure 5 résume quelques données d'exploitation qui montrent le développement rapide de la Compagnie dans la période comprise entre 1916 et 1920.

La courbe A indique la puissance installée en usines qui, en 1921, atteignait 66 000 kw. La courbe B indique l'accroissement de la longueur du réseau, en kilomètres (1 600 km en 1921); la courbe C, le nombre d'abonnés (44 036 en 1921); la courbe D, l'accroissement des recettes pendant cette même période; enfin, la courbe E, la variation de l'énergie fournie qui a subi des fluctuations assez curieuses, par suite de la demande d'énergie nécessitée pour la Défense nationale.

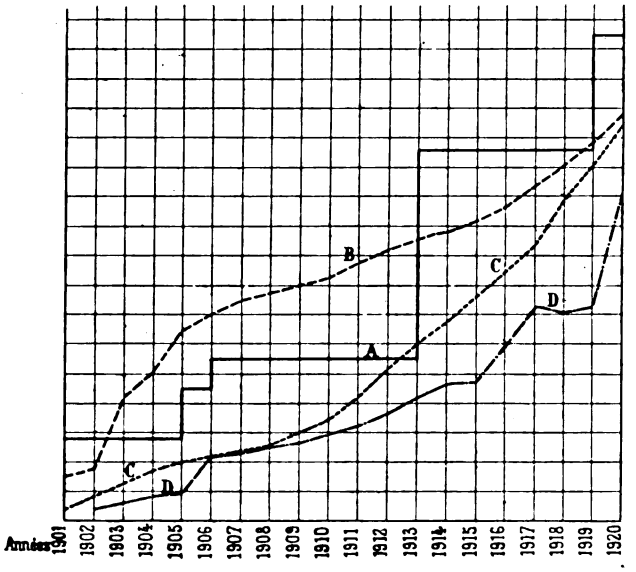


Fig. 5. — Graphique indiquant le développement de la Société de l'Energie électrique de la Loire et du Centre.

L'*Énergie électrique de la Basse-Isère* a construit dernièrement une centrale hydraulique à Beaumont-Monteux (28 000 kv-a); une ligne à 120 000 volts actuellement en construction transmettra cette énergie à Saint-Etienne et à Saint-Chamond. On réalisera ainsi une nouvelle liaison entre les Alpes et le Centre.

Comme distribution à la fréquence de 25 périodes par seconde, nous pouvons citer, à titre d'exemple, celle de la *Société d'Electricité de la Vallée du Rhône*, comprenant l'usine hydroélectrique de Ventavon (Hautes-Alpes) appartenant à l'Energie électrique du Littoral méditerranéen et l'usine à vapeur des Secours du Teil (Ardèche) appartenant à la Société elle-même. Son réseau comprend, à l'heure actuelle, plus de 400 km d'une ligne à 60 000 volts (de l'usine de Ventavon

Digitized by Google

au Teil et à Valaurie) et de plusieurs lignes à 13 500 volts; la population desservie dépasse 60 000 habitants. La puissance distribuée atteindra 3 590 kw d'ici deux ou trois ans, sans pour cela augmenter d'une façon notable, la longueur des divers réseaux et lignes.

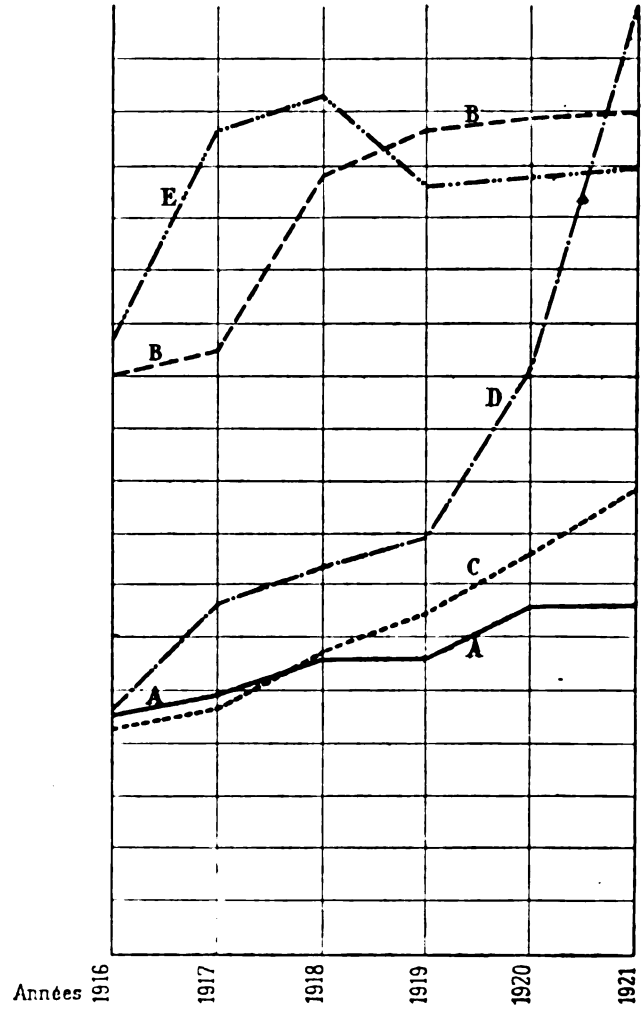


Fig. 6. — Graphique indiquant le développement de la Société méridionale de Transport de Force (le plus ancien réseau français à haute tension : 150 km de ligne à 20 000 v, en service en 1900).

Enfin, nous signalerons la *Société méridionale de Transport de Force* qui a été la première, en France, à établir un réseau étendu à haute tension, puisque, dès 1900, sa distribution d'énergie à 20 000 volts triphasés avait un développement de 150 kilomètres fonctionnant avec un plein succès.

L'énergie est produite actuellement, d'une part, par trois usines hydrauliques,

Digitized by Google

celle de Saint-Georges à Axat (1899) d'une puissance de 2 400 kw sous 100 m de chute, celle de Gesse à Bessede de Sault (1914) d'une puissance de 6 000 kw sous 280 mètres, et celle d'Escouloubre (1920) d'une puissance de 3 200 kw sous 314 mètres; d'autre part, par deux usines thermiques, celle de Carcassonne et celle de Narbonne d'une puissance globale de 2 900 kw. La population desservie actuellement est de 20 000 habitants.

On prévoit l'aménagement de deux nouvelles usines hydrauliques, celle du Carlanet (4 000 kw) et celle de Saint-Usson (12 000 kw). Un réservoir projeté d'une contenance de 8 800 000 m³ régularisera les eaux d'alimentation de cette dernière usine.

La figure 6 résume, sous forme graphique, quelques données d'exploitation de cette société. La courbe A indique l'accroissement de la puissance installée en usine (16 550 kw en 1920); la courbe B, l'accroissement de l'étendue du réseau (1 400 km en 1920); la courbe C, le nombre d'abonnés (45 520 en 1920); la courbe D, l'accroissement des recettes; la courbe E, l'accroissement de l'énergie annuelle vendue.

En résumé, on peut dire que les diverses distributions sommairement décrites continuent à se développer d'une façon très satisfaisante; il en est de même, d'ailleurs, des autres (1). Ce développement individuel conduit naturellement les diverses sociétés à se rencontrer tôt ou tard dans l'espace et à se porter ainsi mutuellement secours par un couplage en parallèle de leurs usines diverses et à réaliser, sur une échelle plus vaste, l'interconnexion à plus longue distance si favorable aux secours thermiques ou hydrauliques. Nous sommes ainsi conduits à dire quelques mots des réseaux à très haute tension envisagés pour la transmission à longue distance.

IV. Diverses études récentes étaient consacrées à l'exposé des principes sur lesquels doivent être basés les projets d'interconnexion en France, et à la description des caractéristiques essentielles des principales installations actuellement en fonctionnement (2).

Nous avons établi la carte de la figure 7 d'après ces études et particulièrement d'après celle de M. Aubry à laquelle nous avons fait d'importants emprunts. Cette carte donne le tracé schématique des lignes principales utilisant des ten-

(1) Nous regrettons de n'avoir pu incorporer à ces lignes les renseignements de plusieurs autres sociétés de distribution, très intéressants, mais reçus après la remise de notre manuscrit.

(2) Voir en particulier :

C. Duval et C. Lavanchy; Projet de répartition de l'énergie électrique en France au moyen de réseaux électriques à très haute tension. *Revue générale de l'Electricité*, 21 mai 1921, t. IX, p. 727.

P. Le Verrier; Les grands réseaux électriques pour la transmission de l'énergie à haute tension. *Revue générale de l'Electricité*, 17 septembre 1921, t. X, p. 357.

P. Le Verrier; Réseaux français. Rapport à la Conférence internationale des grands Réseaux de Transport d'Energie à très haute Tension. Novembre 1921.

J. Aubry; Grands réseaux de jonction en service ou en période de réalisation en France. Rapport à la même conférence.

Digitized by Google

sions supérieures à 30 000 volts soit en service, soit en construction ou en projet, ce sont :

1 Réseau d'Etat.
2 Société du Nord-Ouest électrique,
3 Compagnie électrique du Nord.
4 Union d'Electricité.
5 Société des Mines et d'Électricité de la Houve.
6 Electricité de Strasbourg.
7 Compagnie lorraine d'Electricité.
8 Forces motrices du Haut-Rhin.
9 Société des Houillères de Ronchamp,
10 Forces motrices du Refrain.
11 Rhône et Jura.
12 Transport d'Energie du Centre,
13 Transport d'Energie des Alpes.
14 Compagnie électrique de la Loire et du Centre.
15 Société hydroélectrique de Lyon.
16 Energie électrique de la Basse-Isère.
17 Société générale de Force et Lumière.
18 Energie électrique du Littoral méditerranéen.
19 Société d'Énergie électrique de la Sorgue et du Tarn,
20 Société pyrénéenne d'Energie électrique.
21 Compagnie des Chemins de fer du Midi.
22 Société hydroélectrique des Basses-Pyrénées,
23 Energie électrique du Sud-Ouest.
24 Compagnie des Chemins de fer de Paris à Orléans.
25 Société des Forces motrices de la Vienne.
26 Société nantaise d'Eclairage et de Force par l'Electricité,
27 Transport Rhône-Paris.
28 Compagnie normande électrique.

Examinons sommairement chaque région :

Région du Nord. — Le réseau d'Etat, commencé peu après l'armistice, est presque complètement achevé à l'heure actuelle : il relie par des lignes à 45 000 volts les diverses sociétés distributrices dont les installations avaient toutes subi, du fait de la guerre, des dommages plus ou moins considérables.

Cette tension, relativement basse, a été choisie en raison de son adoption antérieure par plusieurs des réseaux intéressés et, aussi, par suite des faibles distances entre les nombreux postes de raccordement nécessaires dans cette région où la grande industrie est exceptionnellement développée.

Des artères à 120 000 volts relieront ce groupe au réseau de l'Est.

Digitized by Google

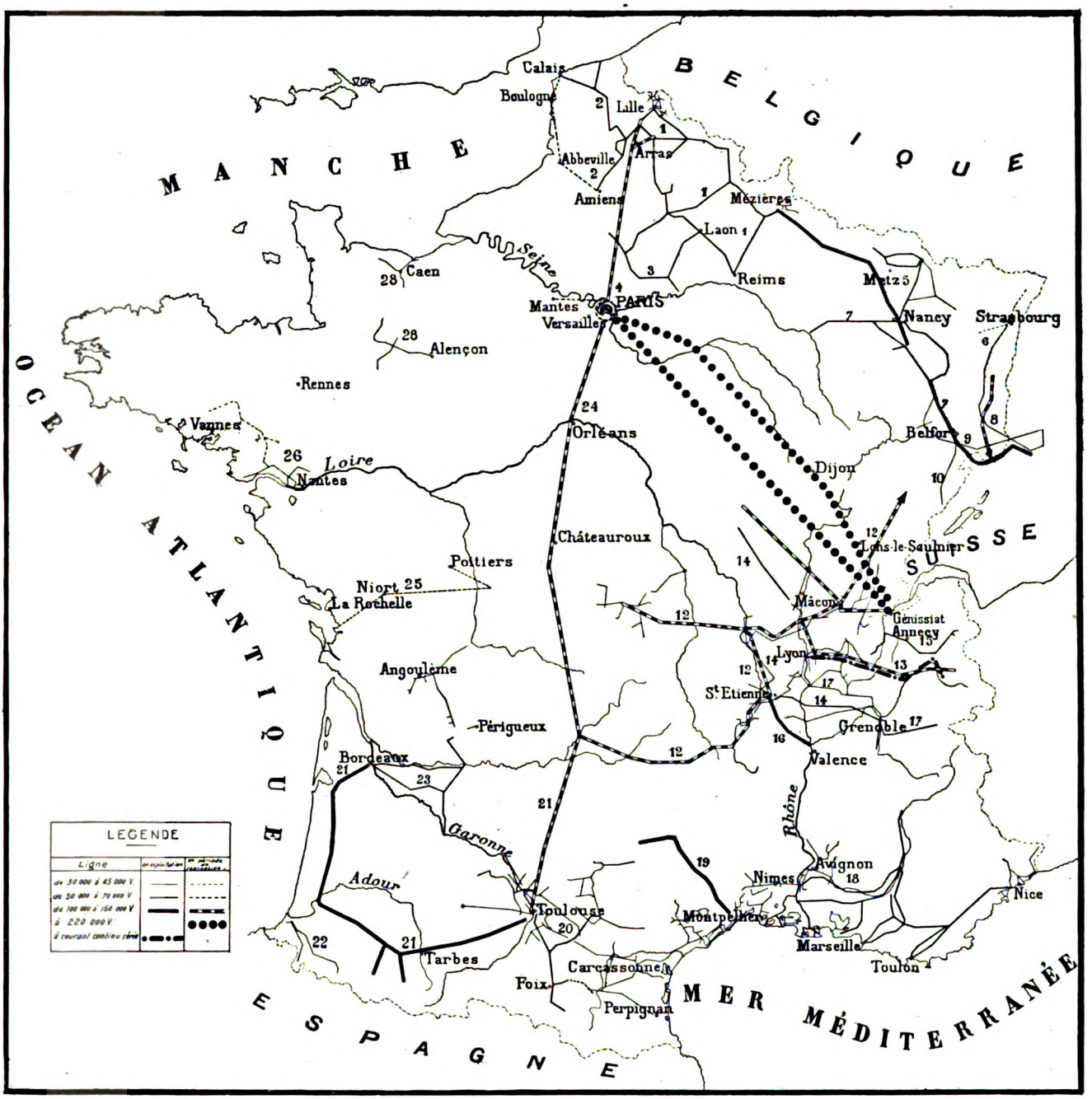


Fig. 7. — Carte des principaux réseaux à haute tension en exploitation ou en projet.

Digitized by Google

Région de l'Est. — Les Forces motrices du Haut-Rhin et Electricité de Strasbourg, d'une part, la Société des Mines de la Houve, Compagnie lorraine d'Electricité, Société des Mines de Ronchamp et Forces motrices du Refrain, d'autre part, ont toutes relié leurs réseaux aux grandes centrales hydrauliques suisses par des lignes à très haute tension, dont la plus importante jusqu'à ce jour est la ligne Goësgen-Delle-Pouxeux.

Cette artère, établie pour 110 000 volts, assure depuis deux ans la liaison des réseaux de la Compagnie lorraine d'Electricité et de ses filiales aux grandes distributions du nord de la Suisse, en permettant à certains moments une marche en parallèle des centrales échelonnées entre Saint-Dizier, en France, et Thusis, à la limite de l'Engadine, en Suisse.

Une grande usine est prévue à Kembs (100 000 chevaux), dont l'énergie pourra être déversée dans ce réseau, dont on peut prévoir l'extension jusqu'aux mines de la Sarre (secours thermique).

Région parisienne. — Cette région sera desservie par l'Union d'Electricité dont la Centrale thermique de Gennevilliers (200 000 chevaux) alimentera un réseau à 60 000 volts, presque entièrement constitué par des câbles souterrains et assurera très prochainement la fourniture d'énergie dans la plus grande partie de cette région.

Région lyonnaise du Plateau central et des Alpes. — Les principales entreprises en fonctionnement sont :

La Société générale de Force et Lumière à Grenoble, dont on a déjà indiqué les caractéristiques ;

La Société hydroélectrique de Lyon, amenant à Lyon l'énergie d'installations hydrauliques situées à 170 kilomètres ;

La Compagnie électrique de la Loire et du Centre également décrite plus haut.

De grands travaux sont en cours dans ces régions, pour l'utilisation de nouvelles chutes et assurer l'équilibre de la production entre bassins différents ; citons, par exemple, le projet à l'étude de la Société de la Haute-Isère pour l'aménagement d'usines jusque près des sources de la rivière du même nom. Les plus importantes de ces installations seront celles exécutées par la Compagnie des Chemins de fer de Paris à Orléans qui vient d'obtenir la concession de chutes d'une puissance supérieure 100 000 kw pour l'électrification de la traction sur une partie de son réseau ; par la Société Rhône et Jura pour l'utilisation du Rhône à sa sortie du territoire suisse ; par la Société des Forces motrices de la Truyère qui a commencé l'aménagement d'une chute sur la Truyère, capable d'une puissance régularisée de plus de 200 000 chevaux ; par le Transport d'Energie du Centre, par le Transport d'Energie des Alpes et par la Société de la Basse-Isère. Toutes ces transmissions se feront à des tensions comprises entre 120 000 et 150 000 volts. Le transport du Rhône à Paris est prévu à 220 000 volts.

Digitized by Google

Région du Sud-Est. — A l'exception de la seule ville de Marseille, cette région est presque exclusivement alimentée par la Société Energie électrique du Littoral méditerranéen dont le réseau à 25 périodes par seconde, l'un des plus anciens de France, s'étend du Rhône à la frontière italienne.

Région du Sud-Ouest. — Deux groupes importants de lignes à tension supérieure à 45 000 volts existent dans le Sud-Ouest :

La Société pyrénéenne d'Electricité, dont les installations ont marqué à l'époque de leur mise en marche un progrès important dans l'utilisation des très hautes chutes et des tensions élevées; cette société assure, depuis de nombreuses années, le service d'une clientèle importante en n'utilisant que de l'énergie hydraulique demandée, suivant les saisons, aux rivières de plaines ou aux réserves constituées par des lacs de haute montagne;

La Société Energie électrique du Sud-Ouest, dont les centrales hydrauliques et thermiques alimentent un réseau étendu, fournissant l'énergie à la ville de Bordeaux;

La Compagnie des Chemins de fer du Midi qui procède en ce moment, dans cette région, à la création de très puissantes installations dont l'énergie, transmise à 150 000 volts et 60 000 volts, servira à l'électrification de ses lignes de traction à grand trafic. On réalisera ainsi la liaison entre les Pyrénées et Bordeaux.

En résumé cet aperçu rapide et un peu incomplet est suffisant, cependant, pour montrer que l'industrie électrique française, malgré les nombreuses difficultés de l'époque actuelle, est en voie de développement.

C. Duval,

Directeur des Services électriques à la Société générale d'Entreprises.

C. Lavanchy,

Ingénieur à la Société générale d'Entreprises.

Digitized by Google

Energie Electrique du Littoral Méditerranéen

Société anonyme au Capital de 100 Millions de Francs

Siège social : 5, Avenue du Coq, Paris (IX°)

La Société *Énergie Électrique du Littoral Méditerranéen*, la plus importante entreprise française de houille blanche, a été constituée le 7 juin 1900 pour la construction, l'entretien et l'exploitation de toutes usines électriques et de toutes lignes de transmission d'énergie ayant pour but de fournir l'énergie électrique sur le littoral méditerranéen, et pour participer aux opérations de toutes sociétés ayant, dans la même région, un objet analogue.

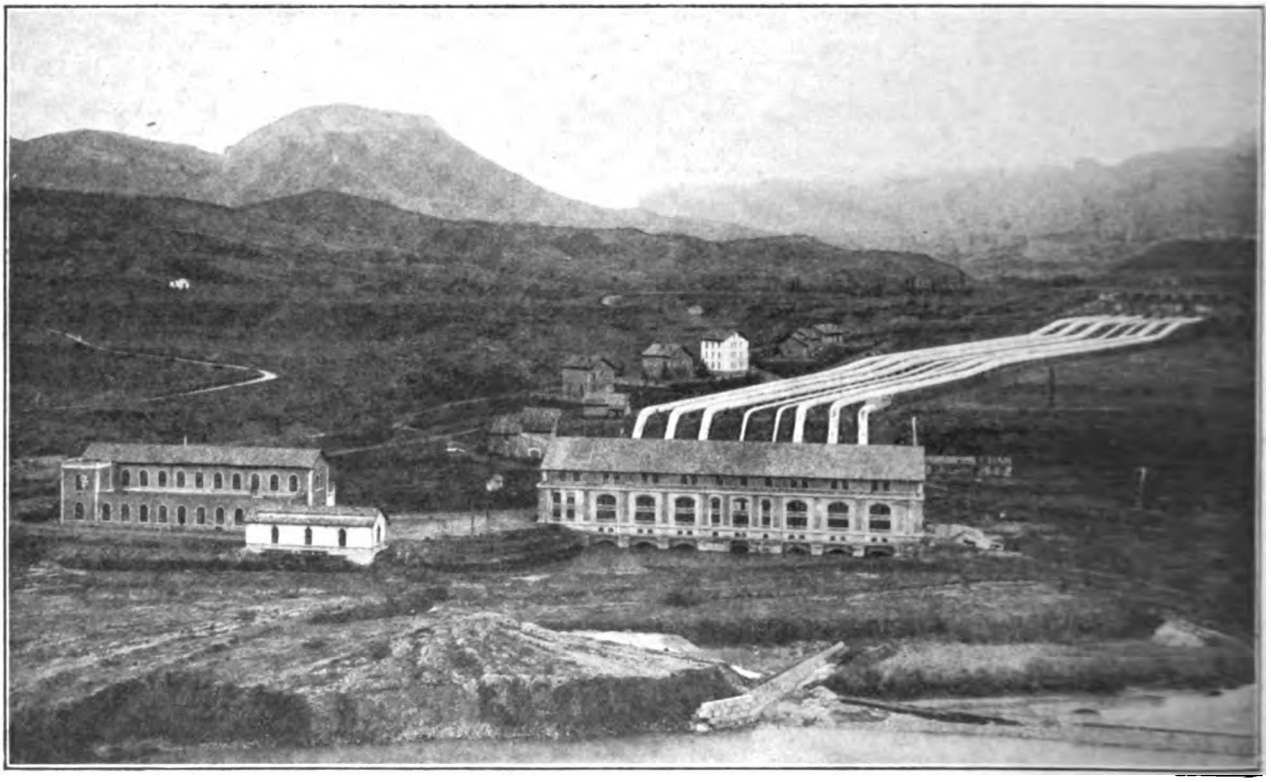


Fig. 1. — Usine de Ventavon, sur la Durance.

Son capital social, à l'origine de 4 000 000 francs, a été porté successivement à 16 000 000 en 1904, à 32 000 000 en 1906, à 38 000 000 en 1910, à 60 000 000 en 1917 et, enfin, à 100 000 000 francs en 1920.

Le système de distribution d'énergie de la Société intéresse 10 départements du sud-est de la France, soit par ses propres réseaux, soit par ceux de Sociétés auxquelles elle fournit le courant en gros; ce système est alimenté actuellement par 11 usines hydrauliques et plusieurs usines thermiques de complément.

Les usines hydrauliques utilisent les eaux des principales rivières de la région, savoir, en passant de l'est à l'ouest : de la Roya, du Var, du Loup et de la Siagne dans les Alpes-Maritimes, de l'Argens dans le département du Var et de la Durance. Voici une description sommaire de ces usines avec l'indication de l'année de mise en service :

1° L'usine de Fontan, sur la Roya (1914), est alimentée par un canal de 3,4 km capable de débiter 10 mètres cubes par seconde sous une hauteur de chute de 160 mètres. Une conduite forcée de 1,95 m de diamètre amène les eaux sur deux turbines de 3 500 chevaux chacune. L'usine a été prévue pour un troisième groupe de même puissance. Le bassin d'accumulation de 15 000 mètres cubes a été aménagé à la chambre d'eau.

2° L'usine de la Mescla, sur le Var (1896), est alimentée par un canal de 600 mètres de longueur; le débit maximum est de 22 mètres cubes par seconde; la hauteur de chute est de 10 mètres. La puissance installée comprend trois groupes de 750 chevaux.

3° L'usine du Plan-du-Var, sur le Var (1900), est alimentée par le canal de fuite de l'usine de la Mescla; ce canal a une longueur de 6 kilomètres. La chute nette utilisée est de

Digitized by Google

20 mètres. L'installation comprend 6 turbines de 1 000 chevaux, dont 3 sont accouplées à des alternateurs à basse tension pour l'alimentation directe de l'usine de carbure de la Société d'Electrochimie de Bozel.

4° L'usine de Pataras (1902), sur le Loup, est alimentée par une chute de 240 mètres. Un canal d'amenée de 4 kilomètres, débitant 850 litres par seconde, amène les eaux à deux bassins d'accumulation de 10 000 mètres cubes au total, d'où part une conduite forcée de 538 mètres de longueur et de 0, 92 m de diamètre. L'installation comprend 4 groupes de 1 000 chevaux.

5° L'usine de Saint-Cézaire, sur la Siagne (1907), utilise une chute de 350 mètres. dont le débit maximum effectif est de 2,2 mètres cubes par seconde. Le canal d'amenée a une longueur de 7,5 km; il aboutit à deux bassins d'accumulation d'une capacité de 10 000 mètres cubes chacun. De la chambre de mise en charge partent deux conduites forcées de 0,85 m de diamètre et de 850 mètres de longueur. Ces conduites alimentent 5 groupes de 3 000 chevaux chacun.

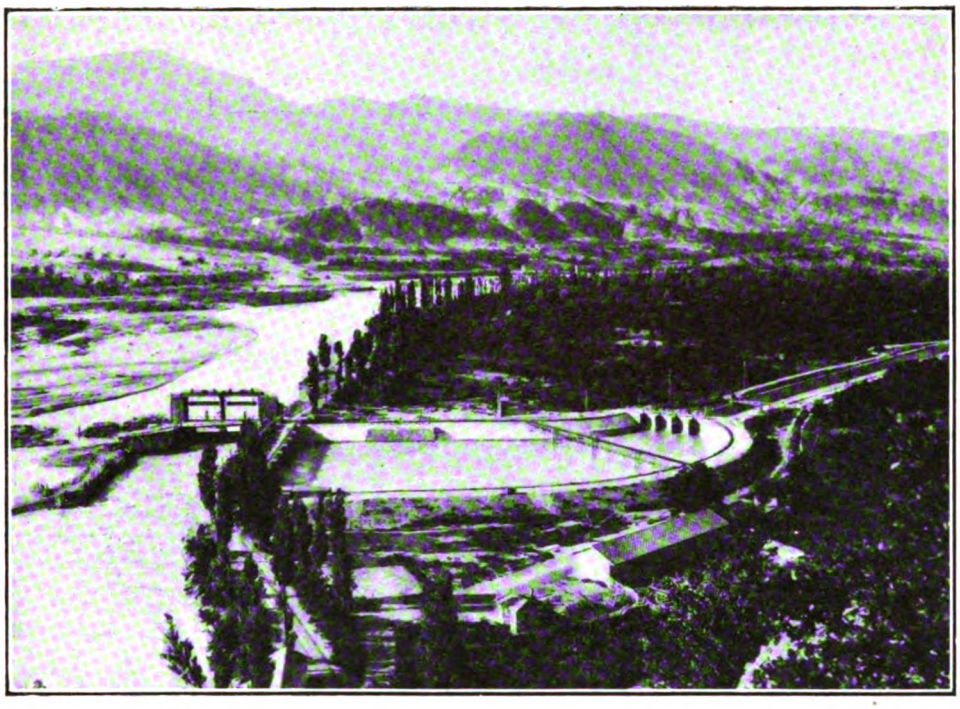


Fig. 2. — Prise de l'usine de Ventavon.

6° L'usine d'Entraigues, sur l'Argens (1905), utilise une chute de 20 mètres sous un débit maximum de 16 mètres cubes par seconde. Une conduite de 900 mètres de longueur en béton armé alimente 3 groupes de 1 000 chevaux.

7° L'usine d'Aix, sur le canal d'irrigation du Verdon (1907), est alimentée par le débit régulier de ce canal. Une conduite de 9,1 km de longueur, partie en ciment armé, partie en tôle, amène les eaux sous 79 mètres de chute sur deux groupes de 1 000 chevaux.

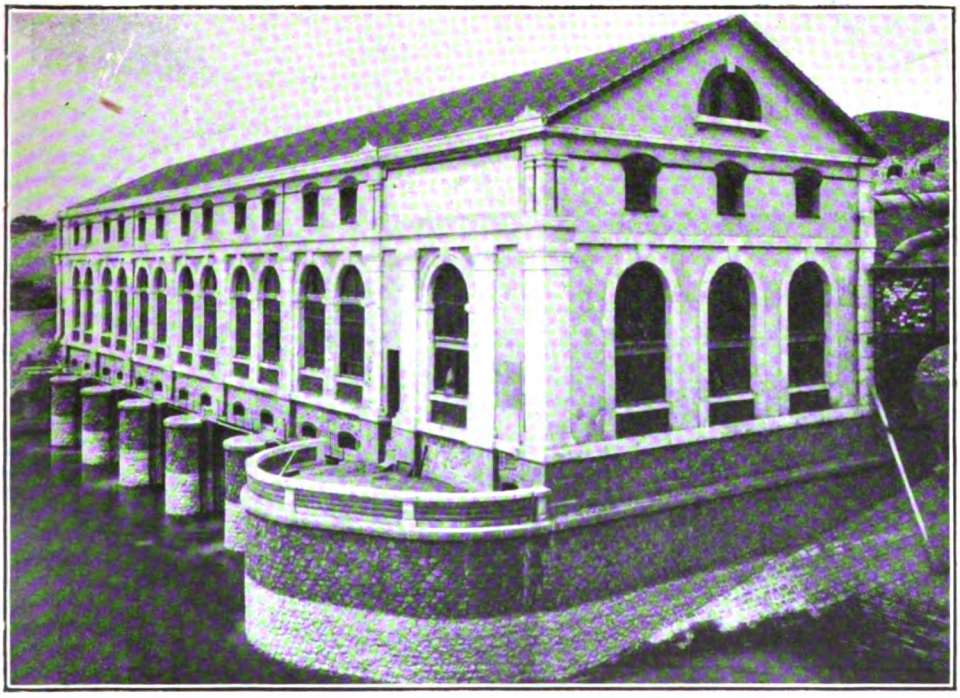


Fig. 3. — Usine de la Brillanne-Villeneuve, sur la Durance.

8° L'usine de Ventavon, sur la Durance (1909), appartient à la Société des Forces motrices de la Haute-Durance; mais elle est louée et exploitée par l' « Énergie Électrique du Littoral Méditerranéen ».

Le canal d'amenée, d'un débit maximum de 72 mètres cubes par seconde, a une longueur de 14 kilomètres. La hauteur de chute nette est de 50 m. De la chambre d'eau partent six conduites forcées d'une longueur de 400 m, dont cinq en tôle de 2,20 m de diamètre et une en béton armé de 2,80 m; chacune des cinq premières conduites alimente un groupe de 7 000 chevaux et la dernière, un groupe de 8 000 chevaux. Les services auxiliaires sont alimentés par deux conduites spéciales de 0, 90 m de diamètre et trois groupes de 300 chevaux.

9° L'usine de la Brillanne-Villeneuve, sur la Durance (1908),

Digitized by Google

ANNÉES	VENTE EN GROS AUX CONCESSIONNAIRES Puissance raccordée en kilowatts	VENTES DIRECTES				RECETTES D'EXPLOITATION en francs
		ÉCLAIRAGE		FORCE MOTRICE		
		Nombre de polices	Nombre de lampes	Nombre de polices	Puissance raccordée en chevaux	
1915	42 000	8 186	38 526	694	19 901	8 561 220
1916	43 000	9 604	43 189	723	22 215	11 043 605
1917	46 000	10 983	47 123	739	23 741	13 582 158
1918	48 000	13 878	54 520	781	24 877	15 014 218
1919	53 000	14 938	59 008	769	28 096	17 217 632
1920	60 000	16 597	71 968	828	30 646	29 165 487
1921	61 000	17 929	82 894	929	32 255	36 237 134

est alimentée par un canal de 7 kilomètres de longueur capable de débiter au maximum 80 mètres cubes par seconde. La chute nette est de 23 mètres ; 5 conduites forcées de 90 m de longueur et 2, 70 m de diamètre alimentent chacune un groupe de 3 500 chevaux ; 2 autres conduites de 1, 20 mètre de diamètre alimentent trois groupes auxiliaires.

10° L'usine du Largue, sur la Durance (1915), est alimentée par le canal de fuite de l'usine de la Brillanne. Ce canal, d'un débit maximum de 80 mètres cubes par seconde, a une longueur de 3 km. La hauteur de chute est de 9 mètres.

L'installation comprend : 3 turbines à axe horizontal noyées chacune commandant un alternateur de 3 000 chevaux.

11° L'usine de Sainte-Tulle, sur la Durance (1922), utilise

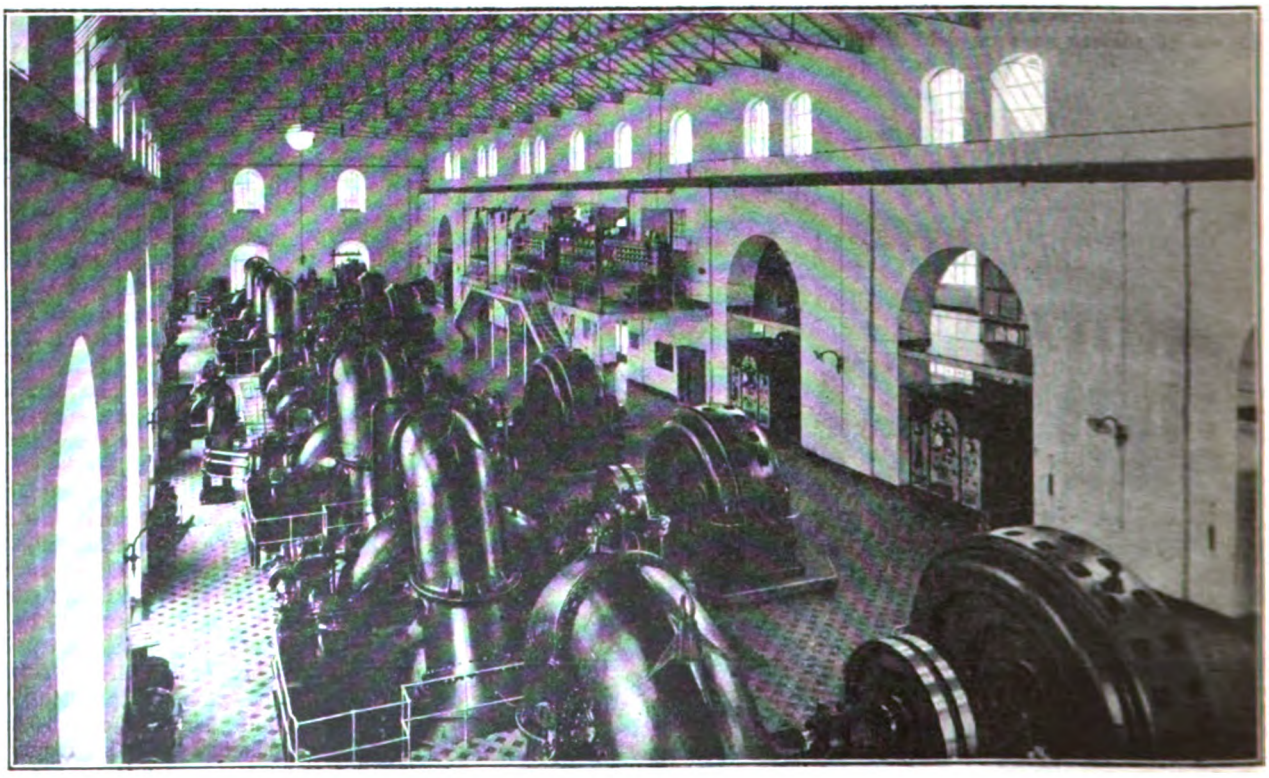


Fig. 4. — Usine de Ventavon, vue intérieure.

Digitized by Google

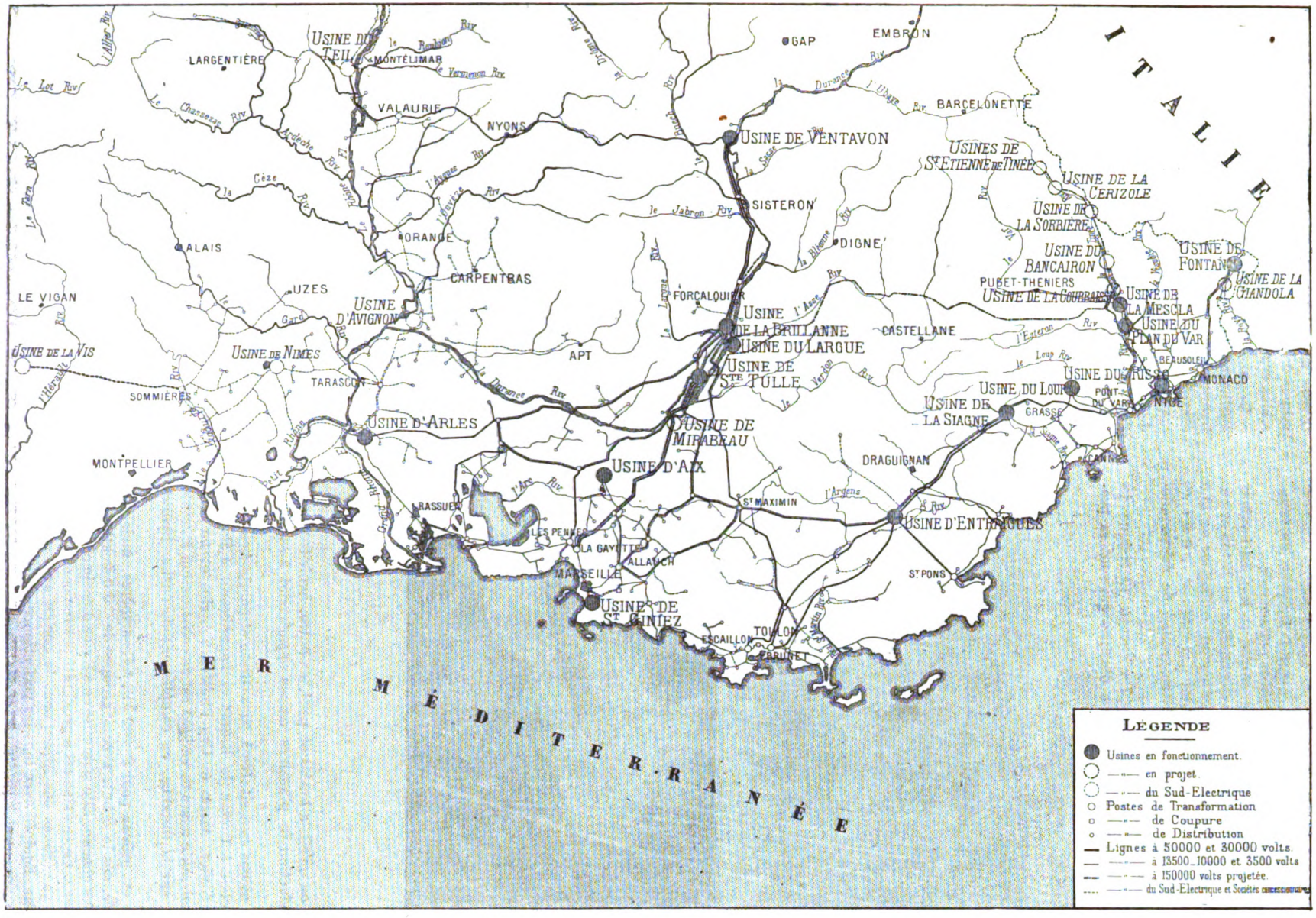


Fig. 5. — Carte du Réseau de *l'Energie Electrique du Littoral Méditerranéen.*

Digitized by Google

l'eau du canal de fuite de l'usine du Largue dont le débit est augmenté par une prise auxiliaire sur la Durance, de façon à atteindre au total 120 mètres cubes par seconde.

Le canal d'amenée a une longueur de 11 km. La hauteur de chute nette est de 34 m. Deux conduites en béton armé, de 5,50 m de diamètre, terminées par un collecteur en tôle de diamètre décroissant alimentent 4 groupes de 10 000 chevaux ; l'installation d'un cinquième groupe de même puissance est prévue ultérieurement.

Comme réserves thermiques, l' « Énergie Électrique du Littoral Méditerranéen » dispose d'usines qui sont sa propriété ou qu'elle a louées et peut, en outre, avoir recours à la production de plusieurs usines appartenant à sa clientèle.

Ces usines sont situées à Nice (Risso et Sainte-Agathe), à Beausoleil, à Toulon (le Brunet et Lagoubran), à Marseille (Saint-Giniez, Arenc et Cap Pinède), à Arles et au Teil. Une puissante usine thermique est en construction à Sainte-Tulle, sur la Durance, en complément de l'usine hydraulique.

Elle est prévue pour 80 000 kilovolts-ampères, mais sera équipée, dès le début, avec 3 groupes de 20 000 kilovolts-ampères chacun. Elle sera mise en service dans le courant de l'été 1922. Cette usine est à proximité des mines de lignite de Manosque (Mines des Alpes) dont la Société s'est assuré le contrôle. Équipée avec tous les perfectionnements modernes des supercentrales, utilisant pour la condensation les eaux froides de la Durance, cette usine produira l'énergie thermique de complément dans les meilleures conditions possibles et au prix de revient le plus réduit.

La puissance totale dont l' « Énergie Électrique du Littoral Méditerranéen » peut disposer dans l'ensemble de ses usines hydrauliques et thermiques et dans les conditions normales d'exploitation dépasse 200 000 chevaux.

Ces usines sont à même de produire annuellement plus de 500 000 000 kilowatts-heure pour les besoins des réseaux de la Société.

L'énergie électrique est produite dans toutes les usines, sous

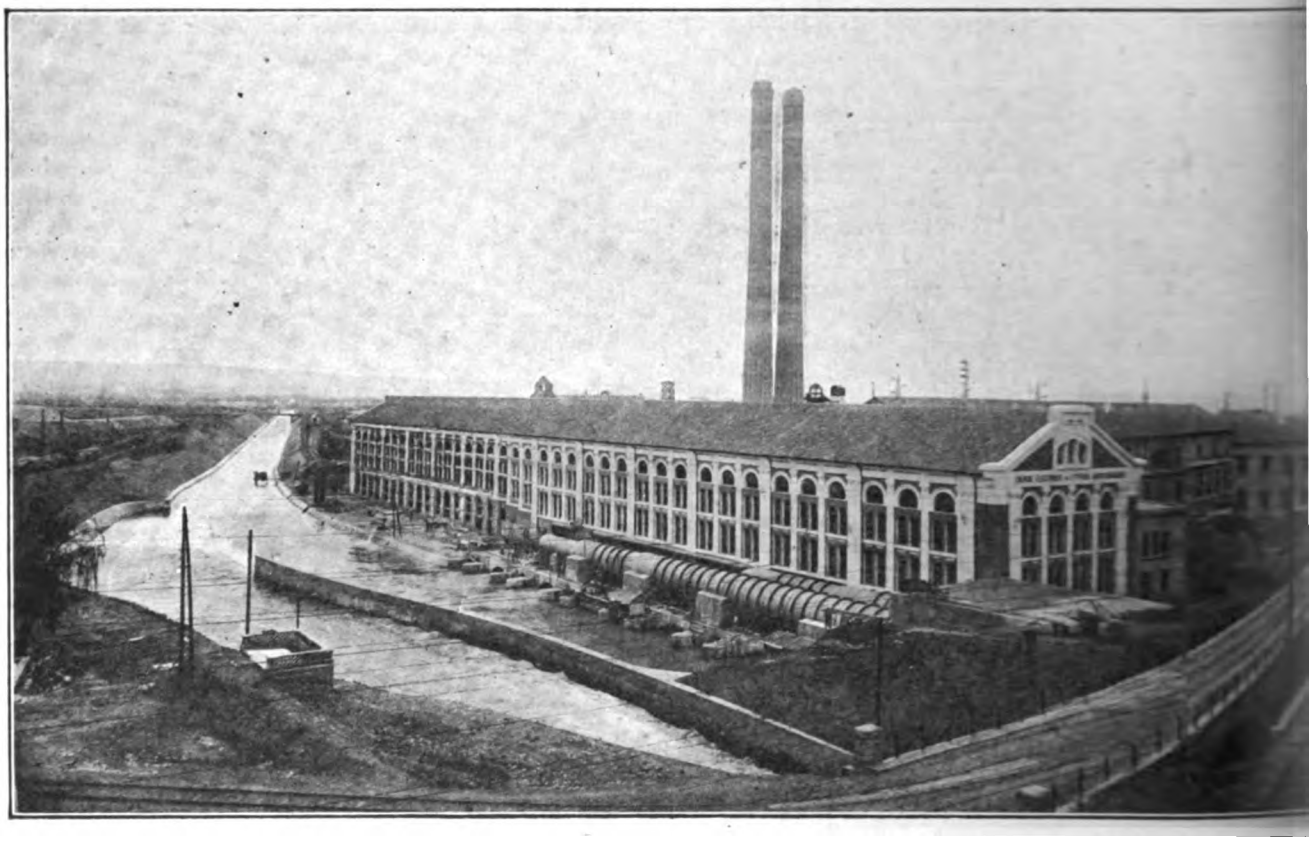


Fig. 6. — Usine de Sa[illegible]

la forme de courant triphasé, 25 périodes par seconde, et à des tensions diverses suivant les usines et les secteurs. Les tensions sont de 10 000 et 30 000 volts dans les Alpes-Maritimes et de 13 500 et 55 000 volts dans le reste du réseau. La liaison des usines de la Tinée et de la Durance avec Marseille se fera à la tension de 150 000 volts.

Les régions desservies par les réseaux de la Société s'étendent sur les départements des Alpes-Maritimes, du Var, des Bouches-du-Rhône, des Basses-Alpes et des Hautes-Alpes et, par l'intermédiaire de Sociétés qui achètent l'énergie en gros comme le Sud Electrique et la Société de la Vallée du Rhône, sur les départements de Vaucluse, de l'Hérault, du Gard, de la Drôme et de l'Ardèche. La longueur totale des réseaux de transmission et de distribution appartenant à la Société atteint actuellement 2 654 kilomètres répartis comme suit :

Digitized by Google

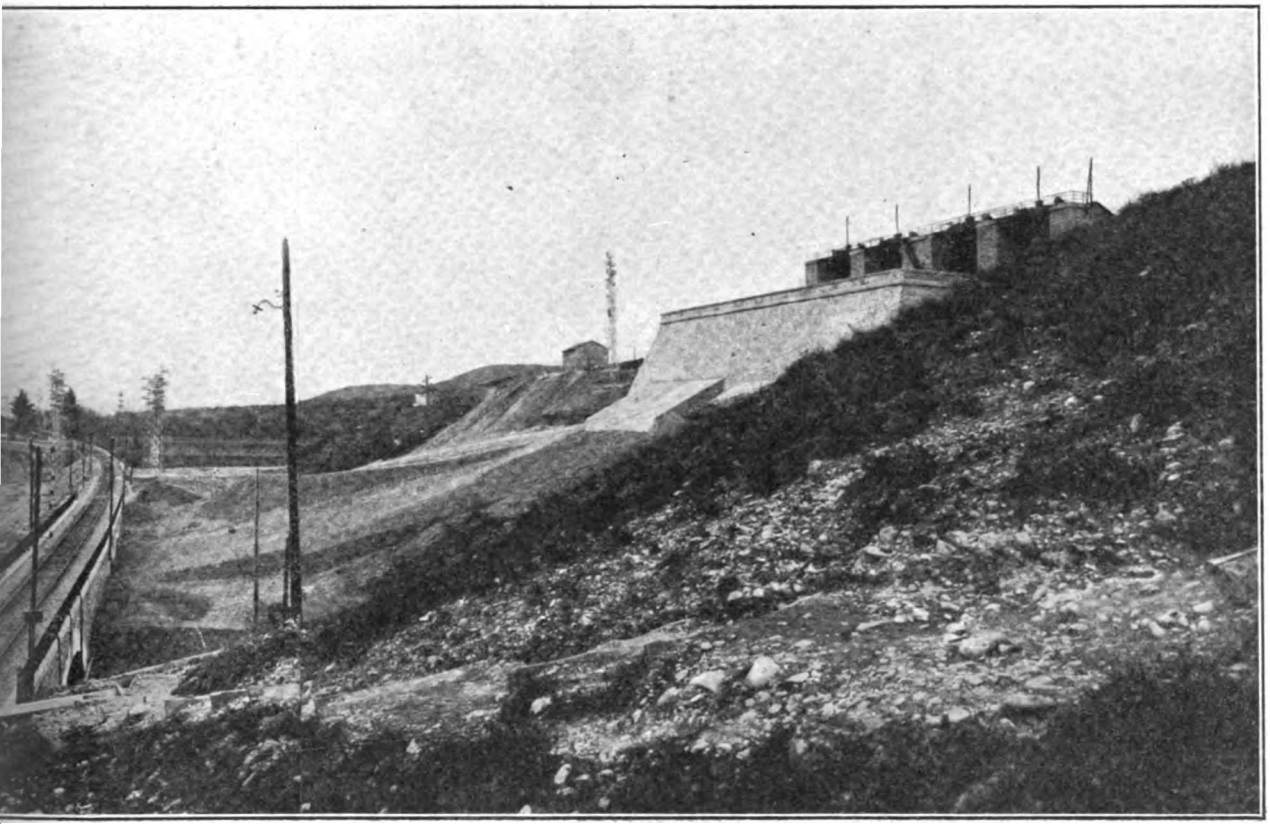
Longueur des artères à 55 000 et 30 000 volts..	870	km.
Longueur des lignes à 13 000 et 10 000 volts.	1 386	«
Longueur des lignes de distribution à basse tension.....	398	«
Total.....	2 654	km.

Les grandes artères du réseau sont les suivantes:

L'usine de la Brillanne est reliée par des lignes à 55 000 volts, d'une part, aux usines de Ventavon, du Largue et de Sainte-Tulle, d'autre part, à la ville d'Arles et au poste d'Allauch à l'est de Marseille. Trois autres artères qui ont leur origine à 30 000 volts des Alpes-Maritimes par un poste réducteur 50 000/30 000 volts.

Les réseaux de la Siagne et du Loup alimentent Grasse et Cannes au moyen de feeders à 10 000 volts. L'usine de Fontan est reliée à Nice et à Menton, ainsi qu'à l'usine de Beausoleil à Monte-Carlo par des lignes à 30 000 volts; enfin deux lignes à 10 000 volts amènent à Nice le courant des usines de la Mescla et du Plan-du-Var.

L' « Energie Électrique du Littoral Méditerranéen » vend la plus grande partie de sa production aux grandes Sociétés de traction et de distribution, mais elle alimente aussi une



noramique.

l'usine de Sainte-Tulle aboutissent l'une au poste d'Allauch; les deux autres, aux postes de la Gavotte et des Pennes au nord-ouest de Marseille. De ces postes partent les différents feeders qui alimentent les tramways et les réseaux de distribution de cette ville.

Une dérivation de la ligne de Sainte-Tulle au poste des Pennes rejoint à Lamanon la ligne d'Arles et aboutit, d'autre part, au poste de Rassuen, centre d'alimentation de la région occidentale de l'étang de Berre et de Port-Saint-Louis du Rhône.

De l'usine de Saint-Cézaire sur la Siagne partent trois lignes à 30 000 volts, qui se dirigent : deux d'entre elles sur Toulon en passant par l'usine d'Entraigues, la troisième sur le poste du Pont-du-Var, près de Nice.

A l'usine d'Entraigues aboutit une ligne à 50 000 volts venant du poste de sectionnement de Saint-Maximin, d'une des lignes Brillanne-Allauch, et reliée au réseau à clientèle qui lui est propre.

Les principaux services de traction alimentés sont :

Compagnie générale française de Tramways, à Marseille.
Tramways électriques des Bouches-du-Rhône, à Aix.
Société des Chemins de fer et Tramways électriques du Var et du Gard, à Toulon.
Société des Tramways électriques de l'Ouest-Varois.
Compagnie des Chemins de fer de Camargue.
Compagnie des Tramways de Nice et du Littoral.
Tramways départementaux des Alpes-Maritimes
Tramways de la Côte d'Azur, etc...

Parmi les grandes Sociétés concessionnaires alimentées directement on peut citer :

Société du Gaz et de l'Electricité de Marseille.
Compagnie d'Electricité de Marseille.
Société d'Electricité de la Vallée du Rhône.

Digitized by Google

Société du Sud-Electrique.

Société des Bains de Mer de Monaco.

Société monégasque d'Electricité, à Monaco.

Société d'Eclairage de Cannes

Société d'Eclairage de la ville de Toulon.

Société aixoise d'Electricité.

Société lyonnaise d'Applications électriques, dans le département du Var.

Société d'Eclairage électrique de Provence, à Salon.

Société du Gaz et de l'Electricité de Nice.

Société du Gaz de Fréjus et Saint-Raphaël.

Cie d'Electricité du Sud-Est.

Cies réunies du Gaz et de l'Electricité à la Seyne-sur-Mer.

Cie d'Eclairage de Villefranhe-Beaulieu et extensions, etc.

Les principaux clients de grosse force motrice sont :

La Cie d'Alais, Froges et Camargue, à Saint-Auban (Basses-Alpes) et à Gardanne (B.-du-R.).

Les Charbonnages des Bouches-du-Rhône et les Mines-Armand.

Les usines de Chaux et Ciments Pavin de Lafarge et Romain Boyer.

Les Etablissements Kuhlmann, les Chantiers de Provence, à Port-de-Bouc.

La Société électrométallurgique française, à Gardanne.

Les Poudreries nationales de Saint-Chamas et de Port-Saint-Louis.

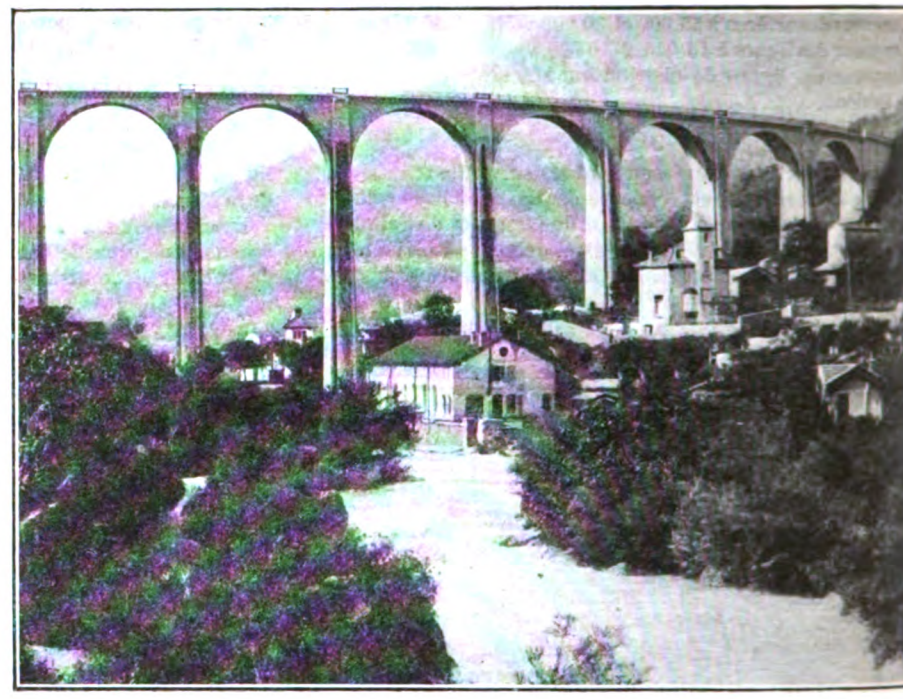


Fig. 7. — Usine de Pataras, sur le Loup.

Les Forges et Chantiers de la Méditerranée à la Seyne

La Société provençale de Constructions navales à la Ciotat.

L'Arsenal maritime de Toulon.

Les Etablissements Schneider, à La Londe.

L'Atelier des Torpilles Whitehead, à Saint-Tropez

Les Produits chimiques du Midi.

Les Ateliers de la Cie des Chemins de fer P.-L.-M. à Arles.

Les Salins du Midi, etc., etc.

La Société effectue elle-même, sur le parcours de ses lignes, la distribution de l'énergie électrique dans 129 communes réparties dans six départements, savoir :

46 communes dans le département des Bouches-du-Rhône

33 communes dans le département du Var.

34 communes dans le département des Alpes-Maritimes

8 communes dans le département des Basses-Alpes

4 communes dans le département des Hautes-Alpes

4 communes dans le département de Vaucluse.

Ces débouchés assurent à la Société le placement de toute l'énergie qu'elle produit le développement des établissements industriels ainsi que de nouvelles industries susceptibles de grandes extensions font que les demandes de

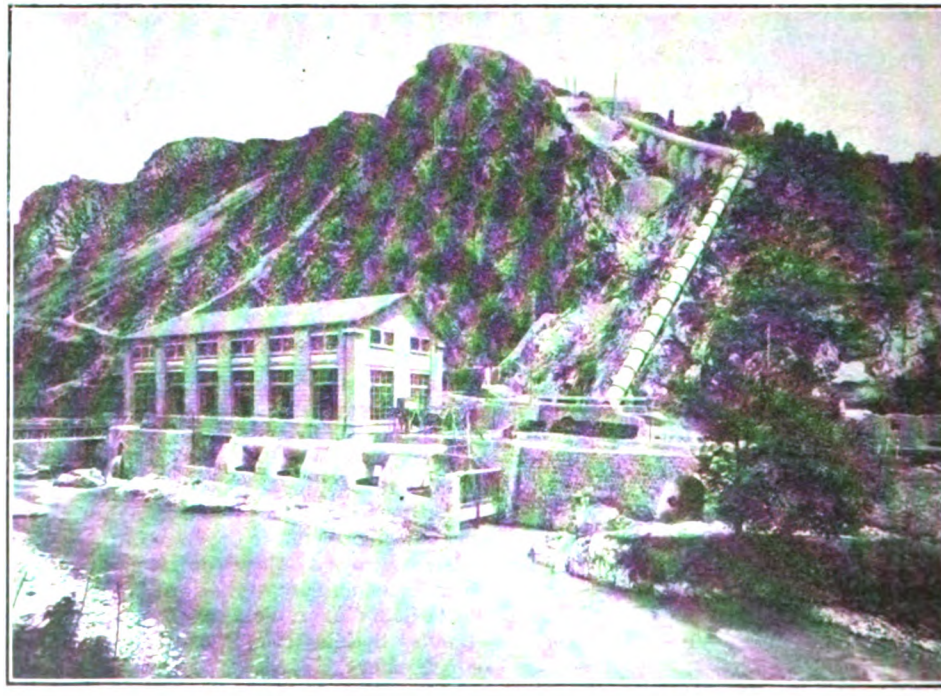


Fig. 8. — Usine de Fontan, sur la Roya.

Digitized by Google

nent de plus en plus importantes. Le tableau ci-dessus (page 224) donne un aperçu du développement de la Société depuis 1915.

L' « Energie Electrique du Littoral Méditerranéen » a étudié un programme d'extension qui comprend l'aménagement des réserves hydrauliques de la Tinée, affluent du Var, et des lacs de la haute région de la chaîne du Mont Tenibre qui sépare la vallée de la Tinée de celle de la Stura (Italie).

Les lacs de la région du Ténibre situés à une altitude variant entre 2300 et 2500 mètres seront aménagés en réservoirs d'accumulation et reliés entre eux de manière à concentrer leurs débits en un réservoir de mise en charge établi à l'altitude de 2300 mètres en amont de St-Étienne-de-Tinée où sera installée l'usine régulatrice à très haute chute (1150 mètres) et une autre usine utilisant une chute directe de 400 mètres sur la Tinée. En aval de St-Étienne s'échelonnent les usines qui utilisent les débits de la rivière et de ses affluents accrus en hiver par l'écoulement des réserves accumulées dans les lacs et réservoirs du Ténibre. Ces usines sont en descendant la vallée jusqu'au confluent de la Tinée et du Var :

Usine de la Cérizole (110 mètres de chute).

Usine de la Sorbière (320 mètres de chute).

Usine du Bancairon (300 mètres de chute).

Usine de la Courbaisse (120 mètres de chute).

L'aménagement commencera par les usines du Bancairon et de la Courbaisse, complétées par les installations des lacs et réservoirs du Ténibre ; l'exécution des autres usines aura lieu ensuite au fur et à mesure des besoins.

L'exécution de ces projets s'échelonnera sur un certain nombre d'années ; la rapidité d'exécution des travaux dépendra de l'accélération des demandes d'énergie de la clientèle. L'ensemble constituera un puissant moyen de régularisation hydraulique de la production d'énergie de la Société et permettra de réduire au strict minimum les quantités d'énergie produites à la vapeur. La vente des quantités d'énergie ainsi produites peut être considérée comme assurée par le développement toujours croissant des besoins de la clientèle, auxquels viendront s'ajouter, très probablement, les fournitures d'énergie nécessaires à la traction des chemins de fer P.-L.-M. dans la région du littoral méditerranéen.

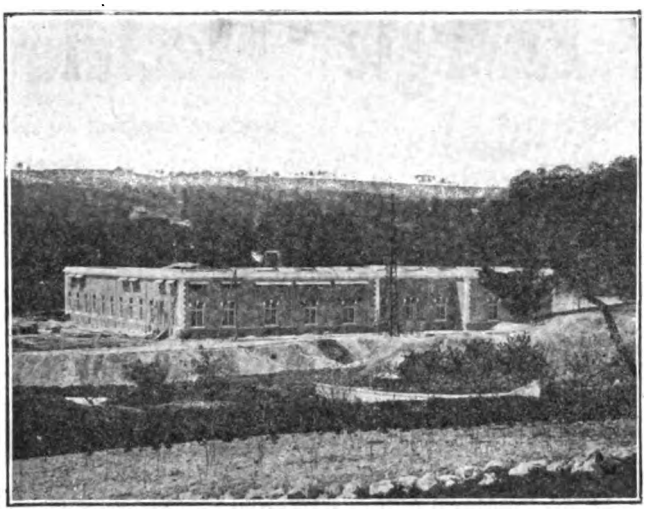


Fig. 9. — Poste de la Gavotte (Marseille).

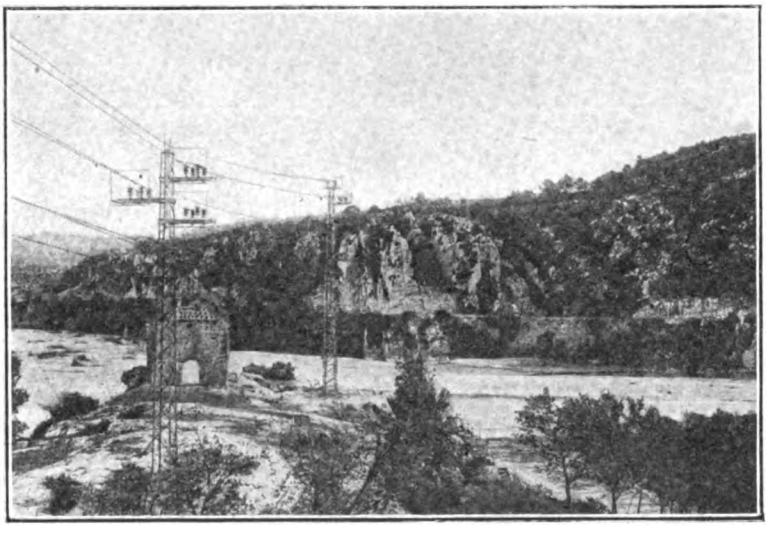


Fig. 10. — Traversée de la Durance.

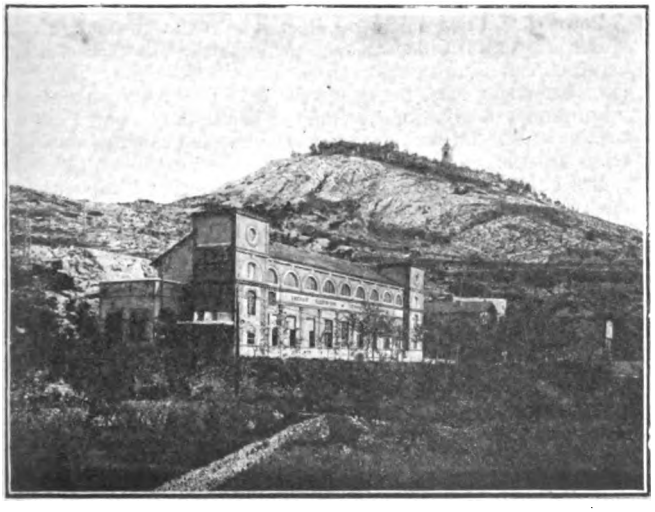


Fig. 11. Poste d'Allauch (Marseille).

Enfin, une ligne de transmission à 150000 volts mettra en liaison les centres de production de la Tinée et de la Durance et assurera la meilleure répartition possible et la régularisation des disponibilités de puissance et d'énergie de la Société.

L'ensemble des aménagements hydrauliques énumérés ci-dessus représente une production annuelle de l'ordre de plusieurs centaines de millions de kilowatts-heure : ce chiffre fait ressortir l'importance du programme et les possibilités d'extension que la Société s'est assurées pour l'avenir. Mais il faut insister sur le fait que l'exécution de ces aménagements n'aura lieu que graduellement et après que la Société aura acquis tous les concours nécessaires et la certitude que les quantités d'énergie produites apporteront par leur vente non seulement les recettes correspondant aux charges financières nouvelles, mais aussi les bénéfices supplémentaires indispensables à la consolidation et à la progression des recettes.

31 mai 1922.

Digitized by Google

Énergie Électrique du Sud-Ouest

SOCIÉTÉ ANONYME AU CAPITAL DE 50 000 000 FRANCS

Siège social : 5, Avenue du Coq — PARIS (9e)

Direction à Bordeaux : 185, Boulevard Antoine-Gautier

La Société *Énergie Électrique du Sud-Ouest* a été constituée le 21 mai 1906, dans le but de transmettre et distribuer dans la région du Sud-Ouest de la France l'énergie électrique produite principalement à l'usine hydroélectrique de Tuilière, sur la Dordogne.

Le capital, qui était à l'origine de 7 000 000 francs, a été porté successivement à 14 000 000 fr en 1908, à 22 000 000 fr en 1910, à 24 000 000 fr en 1913, à 30 000 000 fr en 1917, enfin, à 50 000 000 fr en 1921.

Le barrage de Tuilière, construit de 1906 à 1908 sur la Dordogne, à 10 kilomètres en amont de Bergerac, est constitué par une série de piles en maçonnerie servant d'appui à 8 vannes mobiles qui créent une retenue de 12 mètres.

L'usine contiguë au barrage comprend 9 turbines de 2 700 chevaux. Une usine à vapeur permet de suppléer aux insuffisances de la puissance hydraulique, notamment pendant les périodes de sécheresse ainsi que pendant les crues de la Dordogne; elle comprend 4 turbo-alternateurs d'une puissance totale de 23 000 kilowatts.

L'usine à vapeur de Floirac, construite pendant la guerre dans la banlieue de Bordeaux, a été mise en service dans le courant du mois d'août 1920; elle complète la réserve thermique de Tuilière et renforce la sécurité et l'élasticité de l'alimentation de la région bordelaise. Cette usine, prévue pour une puissance de 40 000 kilowatts, est actuellement équipée avec 2 groupes turbo-alternateurs de 6 000 kilowatts; un troisième groupe de 10 000 kilowatts est en installation.

L'usine hydraulique de Mauzac, située sur la Dordogne à 14 kilomètres à l'amont de Tuilière, a été mise en service pendant l'été 1921; elle est construite pour une puissance de 16 000 chevaux et équipée actuellement avec 4 groupes hydrauliques de 2 700 chevaux.

La transmission de l'énergie produite par ces usines s'effectue par trois artères à 50 000 volts partant de l'usine de Tuilière, reliée elle-même à l'usine de Mauzac par une double ligne à 50 000 et 13 500 volts. Deux de ces artères amènent au poste de transformation de Cenon, dans la banlieue de Bordeaux, l'énergie nécessaire pour alimenter la région bordelaise : l'une passe par la vallée de la Dordogne, l'autre se rapproche de la vallée de la Garonne et dessert par une dérivation la région de Tonneins près d'Agen. Le poste de Cenon est relié à l'usine à vapeur de Floirac.

La troisième artère aboutit à Angoulême et alimente par un embranchement la ville de Périgueux.

Enfin, une artère à 50 000 volts partant de l'usine de Floirac amène, à Croix-d'Hins, l'énergie nécessaire à la station radiotélégraphique Lafayette ; elle est prolongée jusqu'à Arcachon pour desservir cette région.

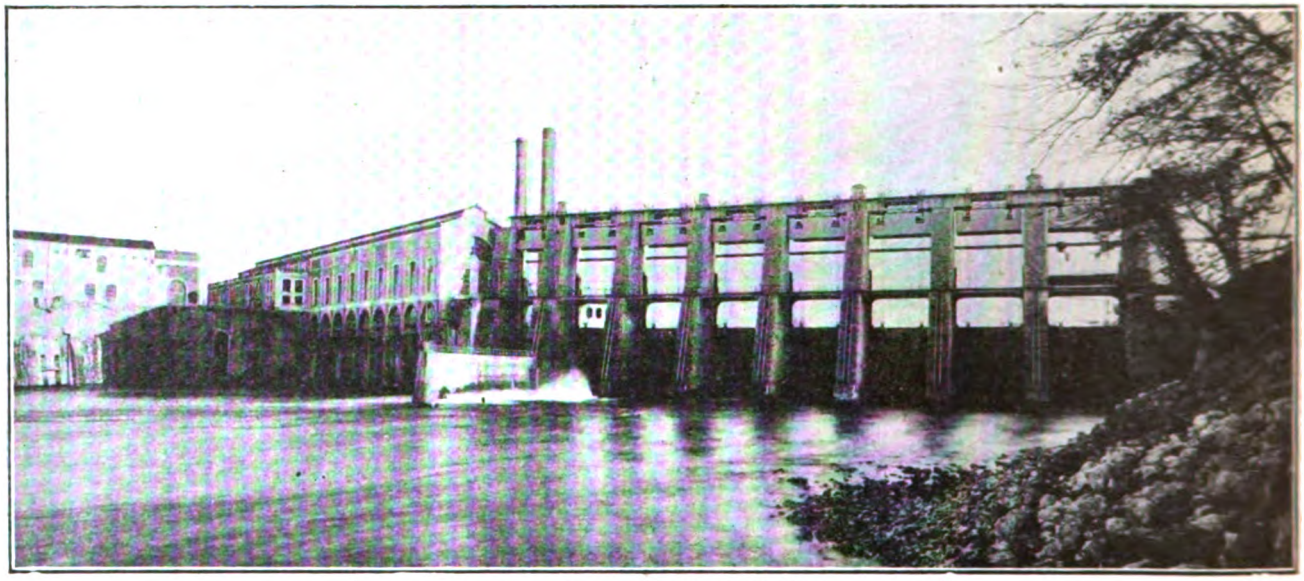


Fig. 1. — Usine et barrage de Tuilière.

Pour distribuer l'énergie électrique dans toute la zone située à proximité des artères principales, chacune d'elles est pourvue d'un circuit triphasé à 13 500 volts, posé sur les mêmes supports. De ce circuit à 13 500 volts partent de nombreuses dérivations primaires alimentant, par l'intermédiaire des stations transformatrices, les réseaux de distribution à basse tension.

Les chiffres ci-après donnent un aperçu de l'importance des réseaux de distribution de la Société :

Longueur des artères à 50 000 volts	407 km
Longueur des lignes à 13 000 volts	782 —
Longueur des réseaux secondaires de distribution à basse tension	339 —
Total	1 528 km

L'énergie électrique est surtout distribuée dans les villes de Bordeaux, Bergerac, Angoulême, Périgueux, Marmande, Libourne, Arcachon, etc.... et dans leurs zones d'influence, ainsi que dans 150 autres communes moins importantes, que la Société alimentent directement ou indirectement.

La population totale de la région desservie directement ou indirectement est de 650 000 habitants.

Digitized by Google

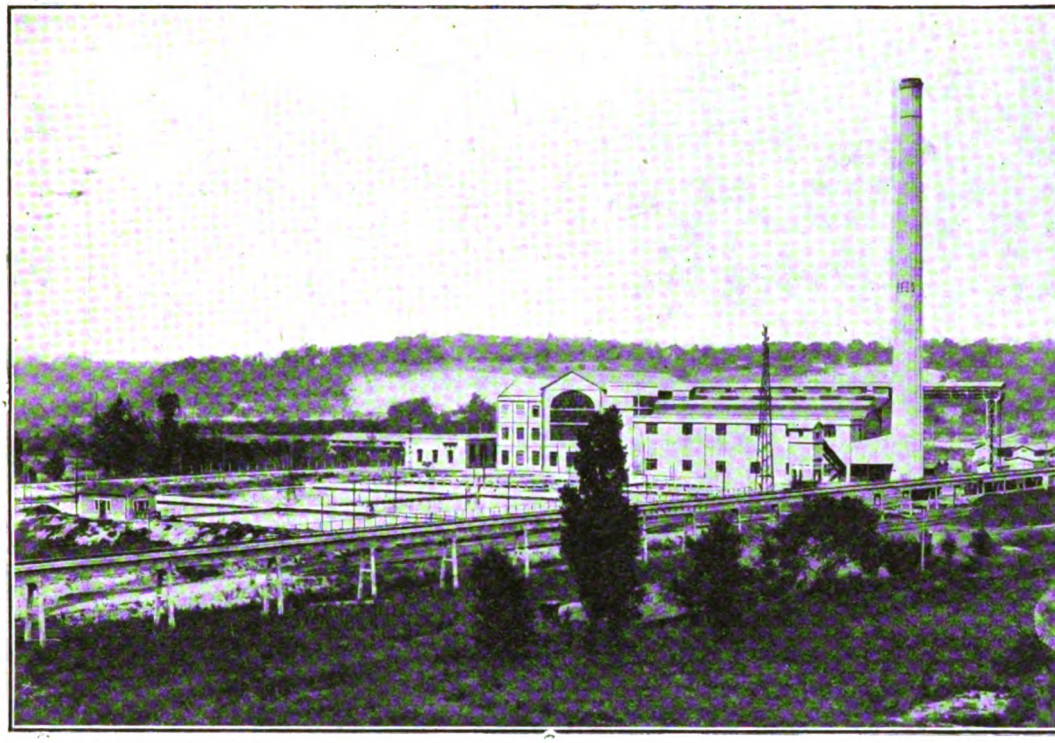


Fig 2 — Usine de Floirac.

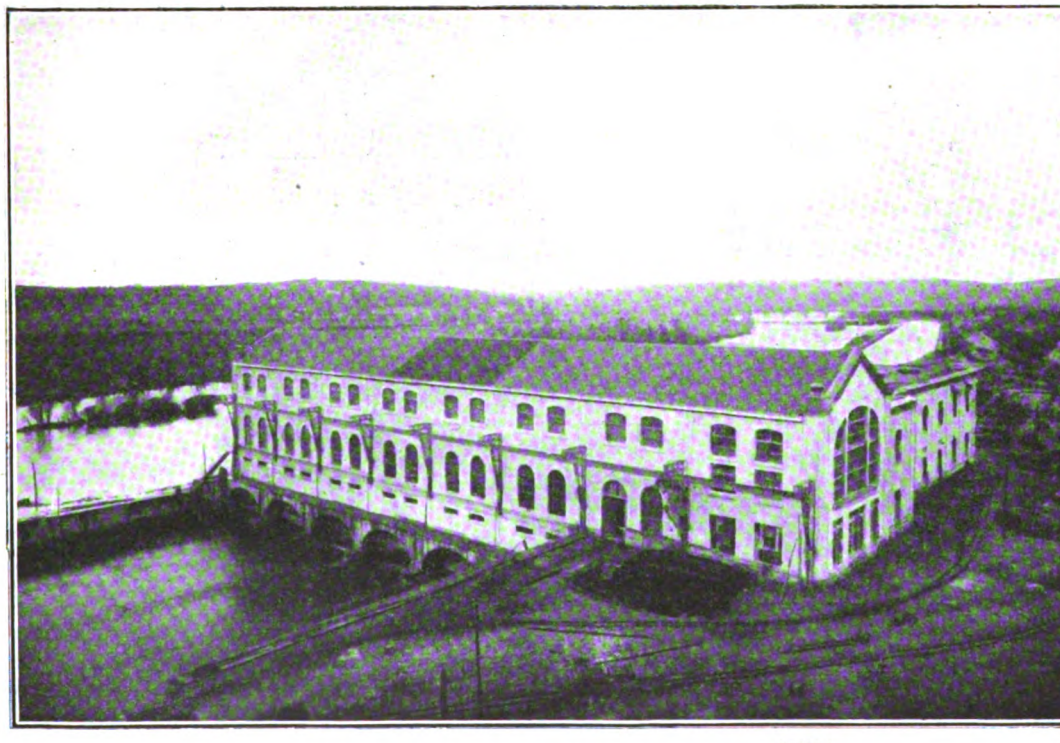


Fig. 3. — Usine de Mauzac.

Digitized by Google

Les grandes villes de la région sont desservies par des Sociétés concessionnaires spéciales auxquelles l'Energie Électrique du Sud-Ouest fournit le courant électrique en gros et parmi lesquelles il convient de citer : la Régie municipale du Gaz et de l'Electricité de la ville de Bordeaux, la Société d'Electricité de Périgueux, la Compagnie du Gaz d'Angoulême, les Compagnies du Gaz et de l'Electricité de Bergerac, de Barbezieux, de Libourne, de Ribérac... L'Energie Électrique du Sud-Ouest dessert également la Compagnie des Tramways et Omnibus de Bordeaux, les Tramways départementaux de la Gironde (Réseau de Libourne), les Tramways d'Angoulême, la Compagnie des Chemins de fer de Paris à Orléans pour les ateliers et la gare de Périgueux, la Station radiotélégraphique Lafayette à Croix-d'Hins.

Enfin la Société fournit la force motrice aux usines et établissements industriels de la région, parmi lesquels de nombreuses papeteries près d'Angoulême et dans la Dordogne, des usines métallurgiques, des fabriques de chaux et ciments, des minoteries, des ateliers de constructions mécaniques ; elle fournit également une puissance importante aux Poudreries nationales d'Angoulême, de Saint-Médard et à la Fonderie de la Marine à Ruelle, près d'Angoulême.

Le tableau ci-joint résume les renseignements statistiques sur le développement de la production et de la clientèle de la Société depuis 1910.

La Société alimente et exploite directement le Réseau électrique de la Société intercommunale d'Eclairage qui dessert les communes de Pessac, Talence et Caudéran de la banlieue de Bordeaux

L'importance des usines thermiques de la Société lui a permis de faire face à toutes les demandes pendant l'année si exceptionnellement sèche de 1921, et la clientèle a pu être alimentée normalement sans subir aucune restriction. Les réserves de puissance et d'énergie dont elle dispose, lui permettent de fournir avec la plus grande sécurité d'exploitation, aux régions agricoles des départements desservis par ses lignes, toute l'énergie électrique nécessaire pour l'alimentation des réseaux ruraux. Elle a, d'ailleurs, participé énergiquement à la diffusion de l'électricité dans les campagnes, et seul le renchérissement des frais d'installation excessifs à la guerre en a ralenti le développement ; celui-ci va d'ailleurs reprendre une nouvelle activité par l'intervention des Syndicats de Communes auxquels la Société donnera tous les concours utiles.

La production d'énergie de l'ensemble des usines de la Société atteint actuellement 145 millions de kilowatts-heure par année ; elle sera être portée à 200 millions de kilowatts-heure par la utilisation intensive des installations actuelles. Les projets d'avenir permettront d'ailleurs à la Société de faire face en tout temps aux demandes de la clientèle et au développement de son champ d'action.

Déjà, en 1914, la Société avait commencé l'étude d'un important programme d'aménagement de la Haute-Dordogne, qui fut interrompue par la guerre. Les études furent reprises dès que les circonstances le permirent ; la Société a déposé, le 9 juin 1919, une demande de concession pour l'aménagement du bassin de la Dordogne en amont de Beaulieu, avec dossier et plans de grilles à l'appui. Les études furent poursuivies activement malgré les difficultés dues à la guerre, et les projets d'exécution furent remis à l'Administration en complément des dossiers de demande de concession.

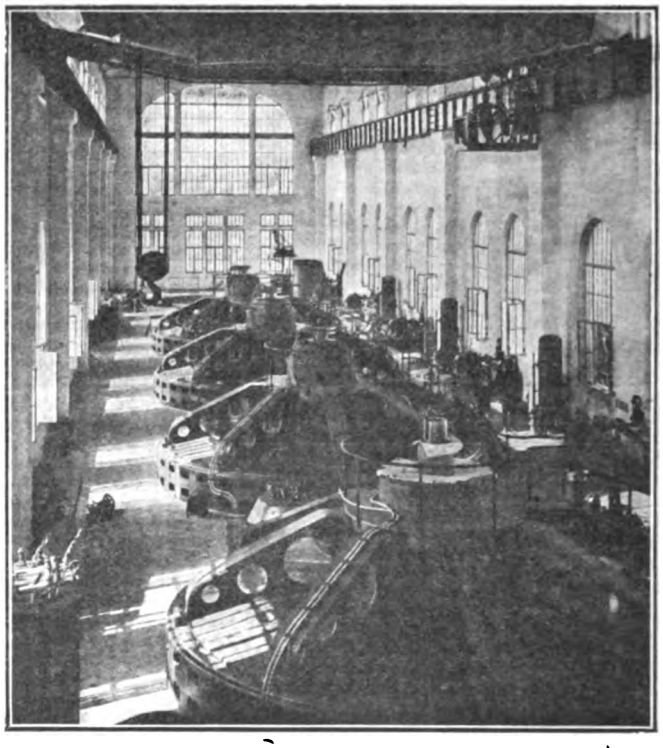


Fig. 4. — Usine de Mauzac. Vue intérieure.

ANNÉES	VENTE EN GROS aux concessionnaires	VENTE DIRECTE				RECETTES d'exploitation
		ÉCLAIRAGE		FORCE MOTRICE		
	Puissance raccordée en kilowatts	Nombre de polices	Nombre de lampes	Nombre de polices	Puissance raccordée en chevaux	en francs
1910	7 545	2 230	20 161	98	2 205	[illegible]
1911	7 730	2 946	28 842	205	3 046	[illegible]
1912	9 545	3 749	37 903	341	4 070	[illegible]
1913	10 000	4 883	48 371	490	6 534	[illegible]
1914	11 075	5 921	57 223	632	8 289	[illegible]
1915	13 350	6 453	62 178	655	9 560	[illegible]
1916	13 350	7 074	67 150	718	11 891	[illegible]
1917	13 765	7 704	71 404	778	17 605	[illegible]
1918	13 765	8 634	78 720	863	20 268	[illegible]
1919	13 880	10 294	93 037	1 043	22 697	[illegible]
1920	14 070	11 493	102 158	1 252	21 948	[illegible]
1921 (1)	16 285	15 010	148 651	1 621	24 076	[illegible]

(1) Y compris les réseaux de Caudéran, Pessac et Talence.

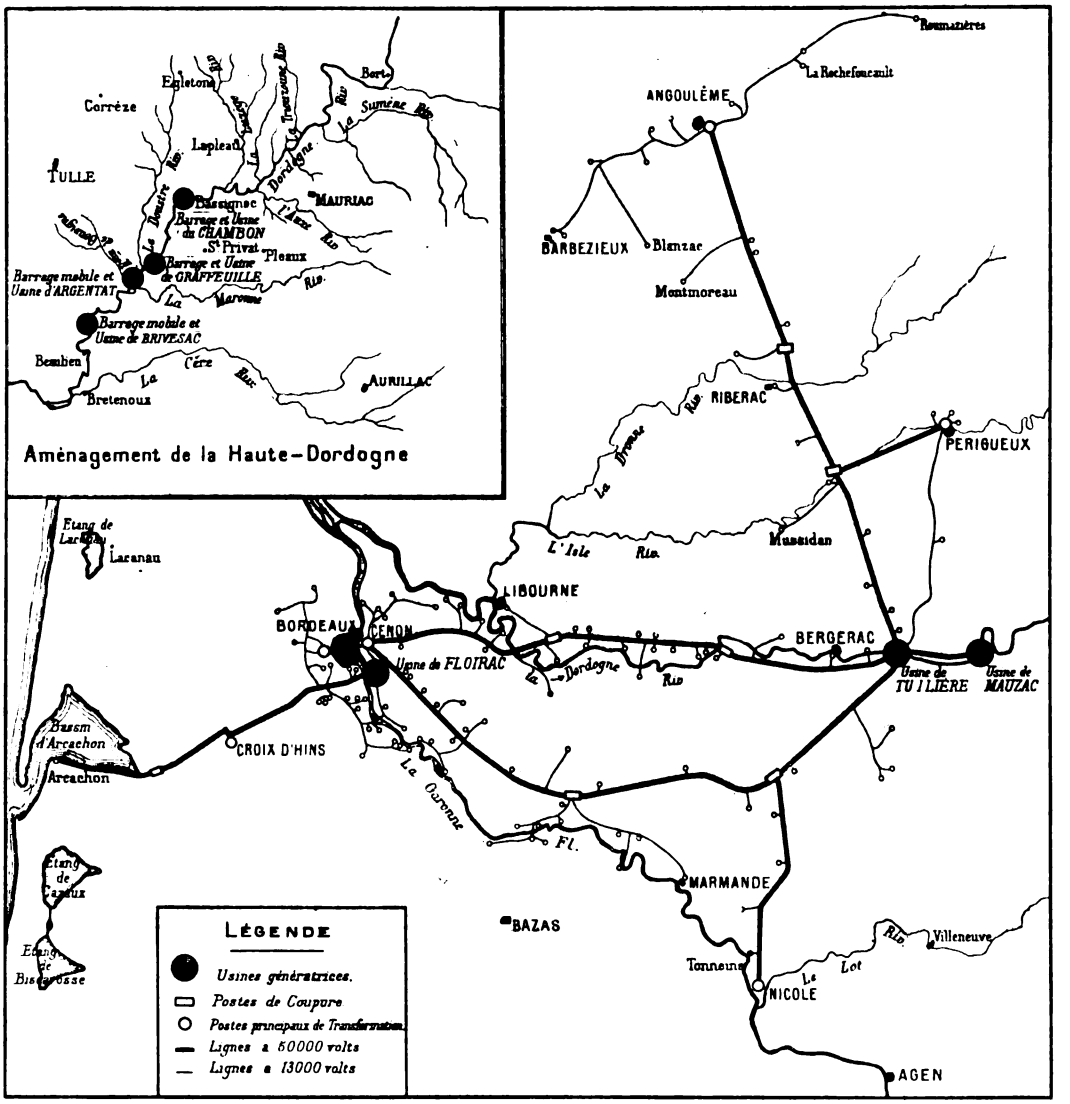
Digitized by Google

Peu après la demande de concession de l' « Energie Electrique du Sud-Ouest », la Compagnie des Chemins de fer de Paris à Orléans fit une demande analogue pour s'assurer les puissances nécessaires à ses projets d'électrification. Une entente intervint, et l'Administration réserva au Paris-Orléans l'ensemble des chutes de la Dordogne et de la Rhue, en amont du pont de Vernéjoux, tandis qu'elle prenait en considération et mettait aux enquêtes pour l' « Energie Electrique du Sud-Ouest » l'ensemble des chutes et barrages compris entre Brivezac en aval et Vernéjoux en amont. Les enquêtes réglementaires eurent lieu en avril et mai 1919. Par la loi de finances du 31 juillet 1920, la concession de la part d'aménagement de la Dordogne réservée au Paris-Orléans fut accordée à cette Compagnie, tandis que l'Administration décidait d'étendre ses études à l'ensemble du bassin de la Dordogne, jusqu'au Bec d'Ambès. L' « Energie Electrique du Sud-Ouest » a profité de ces délais pour parachever et mettre au point les études de ses projets, en préparer l'exécution et procéder aux sondages prescrits par les géologues.

L'aménagement pour lequel l' « Energie Electrique du Sud-Ouest » maintient sa demande de concession avec le bénéfice de l'instruction déjà réalisée, comporte la construction des deux barrages réservoirs, du Chambon et de Graffeuille, près d'Argentat, de 110 et 40 mètres de hauteur, avec usine au pied de chaque barrage, et deux usines à barrages mobiles à Argentat et à Brivezac, de 7 et 13 mètres de hauteur.

En tenant compte des accumulations réalisées par les aménagements de la partie supérieure de la Dordogne, exécutés par la Compagnie du Chemin de fer de Paris à Orléans, ces deux réservoirs permettront de régulariser le débit de la Dordogne en aval d'Argentat à un chiffre voisin de 80 mètres cubes par seconde. La puissance totale installée à ces quatre usines sera de 300 000 chevaux, et la production annuelle d'énergie sera de l'ordre de 900 000 000 kilowatts-heure.

La conjugaison des quatre barrages successifs permettra d'utiliser au maximum les disponibilités d'énergie de la rivière, et de satisfaire aux pointes de puissances exigées par les grands réseaux de distribution. L'énergie ainsi produite sera transportée vers Bordeaux et les autres centres d'utilisation par des artères à 150 000 volts. Ce programme sera réalisé par une société spéciale dite « Société des Forces motrices de la Haute-Dordogne », actuellement en formation et à laquelle l' « Energie Electrique du Sud-Ouest » a pu apporter l'appui d'importants groupements financiers, industriels et électriques; cette Société spéciale assurera l'exécution de ces aménagements en vertu des dispositions de la loi du 16 octobre 1919, qui garantit d'ailleurs aux collectivités intéressées les réserves d'énergie dont elles peuvent avoir besoin.



31 mai 1922.

Digitized by Google

UNION D'ÉLECTRICITÉ

Société anonyme au Capital de 125 millions de francs

Siège social : 57, rue Pierre-Charron — PARIS (8e)

I. — Conditions de formation de l'Union d'Electricité. — Mise à exécution de son programme.

Jusqu'en 1919, la production et la distribution de l'énergie électrique dans la région parisienne et les régions avoisinantes étaient assurées par un certain nombre de Sociétés dont les usines génératrices produisaient le courant sous des tensions et des périodicités différentes, et dont les réseaux de distribution étaient généralement hors d'état de se prêter un secours réciproque.

Au début de 1919, les promoteurs de l'Union d'Electricité conçurent le projet de transformer l'exploitation de la distribution d'électricité dans la région parisienne et de réaliser un plan d'ensemble largement conçu.

La Société d'Etudes « Union française d'Electricité », créée à cet effet en mars 1919, jeta les bases d'un programme de réorganisation dont les idées maîtresses étaient les suivantes :

a) Unir les secteurs (Triphasé, Ouest-Lumière, Secteur de la Rive gauche, Compagnie générale de Distribution d'Energie électrique, Energie électrique de la Région parisienne, Est-Lumière) (1) pour organiser en commun la production en grand dans les meilleurs conditions ;

b) Préparer l'unification des distributions en tendant vers les conditions types, triphasé, 50 périodes par seconde.

c) Dégager les secteurs de distribution de la préoccupation d'entretenir et d'accroître leurs usines et leur permettre de consacrer toute leur activité au développement de leurs réseaux ;

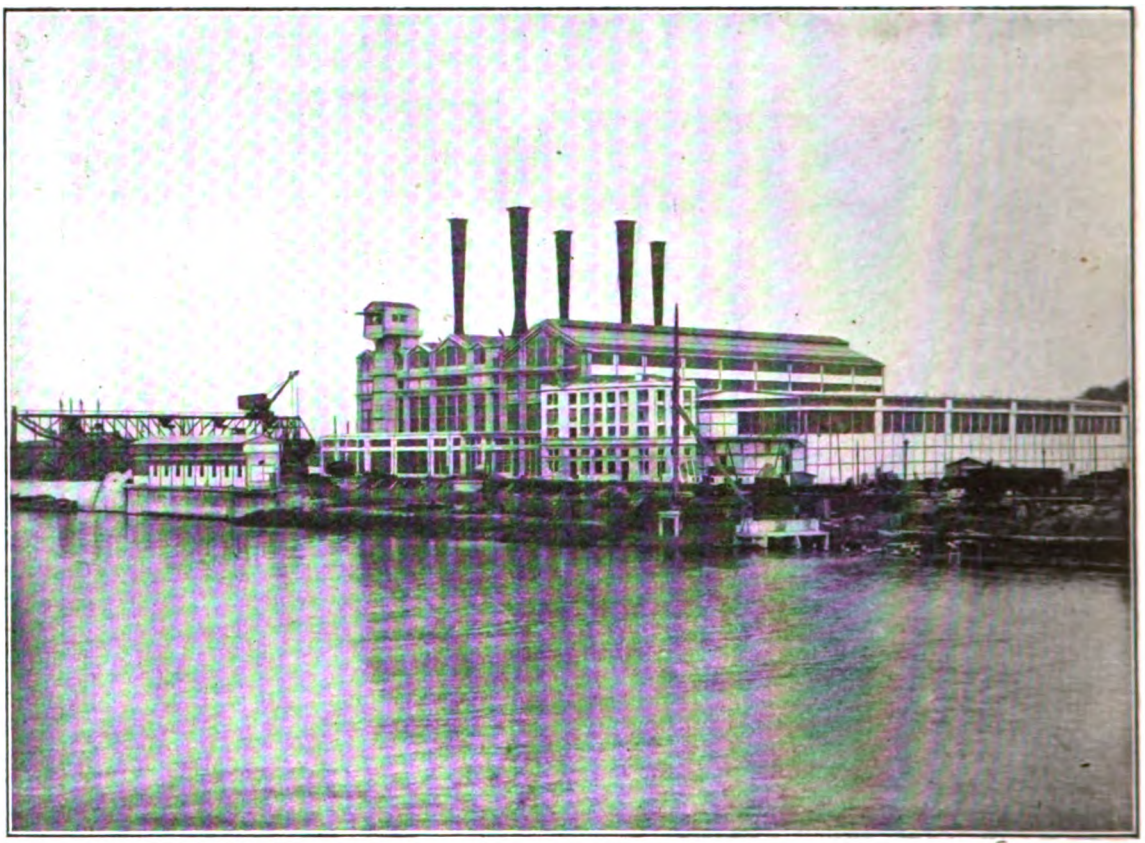


Fig. 1. — Vue de l'Usine de Gennevilliers (Juillet 1922).

d) Préparer, pour l'avenir, des ententes avec les entreprises de transmission d'énergie hydroélectrique.

Avec un sens extrêmement éclairé des nécessités du progrès, la totalité des secteurs cités plus haut adhéra à ce programme et accepta de collaborer à sa réalisation. Les étapes en furent rapides :

Dès le cours de l'été 1919, l'Union d'Electricité naissait de la fusion de l'Union française d'Electricité et de la Compagnie générale de Distribution d'Electricité qui apportait à l'entreprise ses usines de Vitry (36 000 kw) et Billancourt (22 000 kw).

Peu après, l'Union absorbait l'Energie électrique de la Région parisienne (Usines de Nanterre, 20 000 kw et d'Issy-les-Moulineaux, 31 000 kw).

(1) Le programme de l'Union française d'Electricité ne pouvait intéresser que par contre-coup les autres sociétés de distribution de lectricité de la région parisienne : la Compagnie parisienne de Distribution d'Electricité en raison de son caractère municipal et la Société d'Electricité de Paris, en raison de la charte spéciale.

Digitized by Google

Avant la fin de 1919, l'Union d'Electricité établissait des accords définitifs avec les Sociétés : Le Triphasé (Usine d'Asnières, 46 000 kw), l'Ouest-Lumière (Usine de Puteaux, 45 000 kw), le Secteur de la Rive gauche (Usine d'Issy-les-Moulineaux, 8 000 kw), l'Est-Lumière (Usine d'Alfortville, 23 000 kw) et devenait propriétaire des usines de ces sociétés.

En même temps, l'Union d'Electricité établissait les plans de l'usine de Gennevilliers de 200 000 kw destinée à remplacer la plupart des usines anciennes rachetées et lançait les premières commandes de matériel.

Le chantier de l'usine, ouvert au printemps de 1920, mais pratiquement arrêté par une grève, était définitivement lancé au début de l'été.

Dix-huit mois plus tard, la première unité commençait ses essais, et six mois après cette date l'usine entrait en exploitation.

Concurremment, les travaux des usines de Billancourt et d'Issy-les-Moulineaux étaient achevés, une série d'ouvrages déjà entrepris dans les usines rachetées ou absorbées étaient également complétés, si bien que plus de 100 000 kw en turbo-alternateurs entièrement modernes étaient mis en service dans ces diverses usines.

II. — Données financières.

Le capital social de l'Union d'Electricité, à l'origine de 25 millions de francs, a été porté à 125 millions au début de 1920. Il est divisé en 500 000 actions de 250 francs, entièrement libérées, dont 119 200 remises aux secteurs en rémunération de leurs apports.

Selon l'autorisation donnée au Conseil d'Administration par l'Assemblée générale extraordinaire du 24 juin 1922, le capital pourra être porté ultérieurement et suivant les besoins de 125 à 200 millions de francs.

La Société a repris la charge des obligations 5 pour 100 Distribution d'Energie électrique (42 000 titres remboursables de 1910 à 1957). Elle a émis en outre, en deux tranches, 160 000 et 80 000, au total 240 000 obligations 6 pour 100 net, remboursables en 30 ans.

Il a été stipulé dans les statuts de la Société que, pendant la période de construction de l'usine de Gennevilliers au maximum pendant trois ans à partir du 1er janvier 1920, les actions auraient droit à un intérêt intercalaire de 5 pour 100. Les bénéfices nets de l'exercice 1921, qui proviennent uniquement des usines rachetées à la Compagnie de Distribution d'Energie électrique et à l'Energie électrique de la Région parisienne, ont néanmoins permis, en 1922, l'attribution d'un dividende de 6 pour 100.

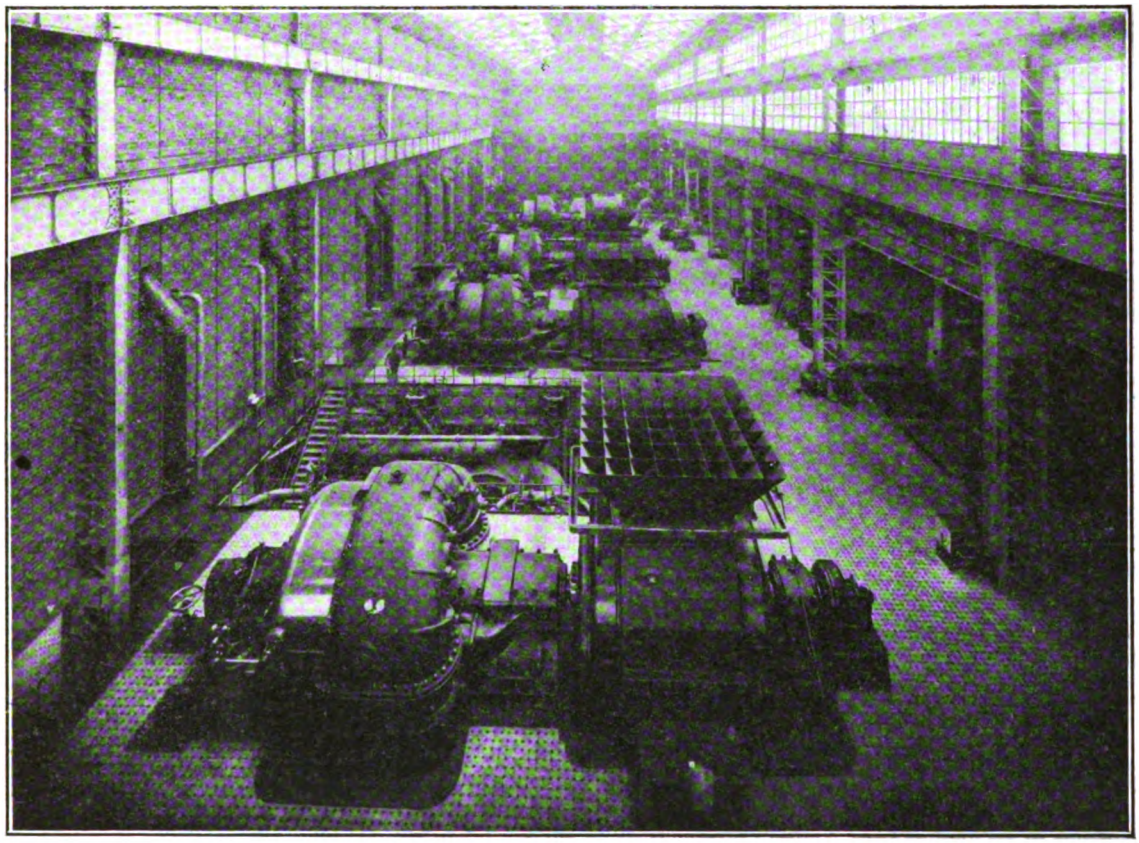


Fig. 2. — Vue intérieure de l'Usine de Gennevilliers, montrant les groupes turbo-alternateurs de 40 000 kw.

III. — Système de distribution. — Réseaux.

L'ancien réseau de l'Union est souterrain ; il a une longueur totale d'environ 90 km, à la tension de 13 500 volts.

Le nouveau réseau de distribution de l'Union, en cours de construction, sera alimenté par les usines suivantes :

L'usine de Gennevilliers (200 000 kw installés dès le début) ;

L'usine de Vitry, équipée en usine de secours (actuellement 49 000 kw installés et prochainement 80 000 kw) ;

Les deux usines de Nanterre et d'Issy-les-Moulineaux, sur lesquelles l'Etat possède un droit de rachat ;

L'usine hydroélectrique d'Eguzon, sur la Creuse (40 000 kw), actuellement en cours de construction par

Digitized by Google

l'Union Hydro-Electrique, Société dans laquelle l'Union d'Electricité a pris une participation ;

Eventuellement les usines hydroélectriques en cours d'étude ou de réalisation dans le Centre ou sur le Rhône.

La distribution se fait sous forme de courant à 60 000 volts à l'aide de câbles unipolaires groupés par trois pour constituer des artères triphasées. Les câbles sont disposés en triangle dans un caniveau en béton armé. Le point neutre de la distribution a été mis à la terre directement.

La protection de l'ensemble est, en outre, assurée par un réseau de câbles pilotes à conducteurs multiples, alimentant des relais sélectifs. Ces relais actionnent des interrupteurs automatiques qui isolent du réseau simultanément les deux extrémités du câble avarié dès qu'un défaut commence à s'y manifester. Les câbles pilotes renferment également les conducteurs téléphoniques qui mettent en communication directe les différentes sous-stations avec le poste central de l'usine.

La longueur totale du réseau souterrain à 60 000 volts ceinturant Paris sera d'environ 125 km ; ce réseau souterrain doit être complété par un réseau aérien rayonnant.

Les branches principales de ce réseau, orientées sensiblement dans la direction des points cardinaux et dont la longueur totale atteindra 250 km, sont les suivantes : Paris-Creil (55 km), Paris-Mantes (45 km), Paris-Corbeil-Orléans (110 km), Paris-Meaux (48 km).

Actuellement la ligne Paris-Creil est entièrement établie ; c'est une ligne double à 60 000 volts, sur poteaux en ciment armé et pylônes métalliques pour les passages spéciaux. Les conducteurs sont en aluminium et mesurent 150 mm² de section.

La ligne Paris-Mantes est en étude.

IV. — Anciennes Usines.

Les quatre usines d'Alfortville, Asnières, Billancourt et Puteaux, qui ont une puissance totale installée de 152 0 0 kw doivent être arrêtées au fur et à mesure de la mise en marche des diverses unités de 40 000 kw montées à Gennevilliers et remplacées par des sous-stations, déjà terminées pour la plupart, où le courant à 60 000 volts sera abaissé à la tension d'utilisation propre à chacun des secteurs. Ces usines renferment un excellent matériel et les conditions de leur exploitation sont aussi économiques que le comporte leur puissance unitaire. C'est seulement parce que la concentration d'une puissance beaucoup plus considérable à Gennevilliers et accessoirement à Vitry permet d'envisager des économies de toute nature que l'Union a décidé de ne plus exploiter ses usines de puissance plus faible.

L'usine de Vitry comprend à l'heure actuelle 2 turbines Curtiss verticales anciennes de 9 000 kw, à 25 p : s ; 2 turbines Curtiss horizontales neuves de 12 500 kw, à 25 p : s et une turbine horizontale de 6 000 kw neuve, à 50 p : s, soit au total 49 000 kw.

Cette usine est en cours de transformation. Les unités verticales seront remplacées par des unités horizontales de 15 000 kw à 3 000 t : mn et de 25 000 kw à 50 p : s. Une unité supplémentaire de 10 000 kw est déjà en cours d'installation. Les deux alternateurs des turbines de 12 500 kw seront transformés en alternateurs à 50 p : s de 15 000 kw. Dans ces conditions, l'usine comportera une puissance totale installée de 80 000 kw entièrement à la fréquence de 50 p : s ; ainsi équipée, l'usine de Vitry servira d'usine de secours et d'usine de pointe. Il lui sera, en outre, annexé une importante sous-station munie de moteurs synchrones (condensateurs ou réactances synchrones) qui sera le terminus des lignes à très haute tension provenant du centre et notamment de l'usine d'Eguzon.

Chacune des usines de Nanterre et d'Issy-les-Moulineaux est munie de quatre groupes turbo-générateurs de 5 000 kw chacun. Elles ont été édifiées conformément à un contrat passé par les Chemins de fer de l'Etat. Elles doivent être rachetées par l'Administration de ces Chemins de fer, soit à l'expiration du contrat, soit dans l'intervalle. D'autre part, les charges financières qui ont été occasionnées par leur construction sont couvertes par les annuités payées par l'Administration des Chemins de fer. Ces usines se trouvent donc dans une situation tout à fait particulière et elles n'ont pas été comprises dans le programme d'ensemble de réalisation ou de refonte de l'Union.

V. — La Centrale de Gennevilliers.

Les plans de la Centrale de Gennevilliers ont été établis après une étude comparative minutieuse et approfondie des grandes centrales modernes d'Europe et d'Amérique qui a permis de doter la nouvelle usine de toutes les installations techniques les plus perfectionnées.

La Centrale de Gennevilliers est construite sur un terrain de 11 hectares, situé sur une longueur de 400 m en bordure de la Seine, près du pont d'Argenteuil. Elle peut recevoir ses combustibles par la voie fluviale et elle dispose, en outre, d'un embranchement de voie ferrée raccordé avec les Chemins de fer de l'Etat.

L'usine génératrice se compose d'un vaste bâtiment couvrant un quadrilatère de près de 160 m de largeur sur 110 m de profondeur. D'autres bâtiments annexes sont affectés aux services accessoires, naturellement très importants pour une usine aussi puissante : ateliers, magasins, laboratoires, administration, habitations des directeurs, ingénieurs et contremaîtres. Un important ouvrage de prise d'eau, tout en ciment armé, comportant des vannages, grilles de filtrage, chambre de décantation et pompage, a été construit à proximité de la Seine pour assurer en tout temps l'alimentation en eau des chaudières.

Les chaudières de la Centrale de Gennevilliers 5 chaudières Stirling et 10 chaudières Babcock et Wilcox respectivement de 2 100 m² et de 1 300 m² de surface de chauffe ont été prévues pour une pression de régime de 25 kg par centimètre carré. Ces chaudières sont munies d'économiseurs d'eau et de réchauffeurs d'air.

L'usine contient actuellement cinq groupes turbo-alternateurs de 40 000 kw chacun et elle est établie pour pouvoir en contenir un sixième. D'autre part, on a prévu l'agrandissement de la salle des machines pour permettre l'installation de deux autres groupes analogues.

Trois groupes complets ont été construits par la Société alsacienne de Constructions mécaniques, un groupe par la Maison Schneider et Cie et un groupe par la Maison Escher-Wyss pour la partie à vapeur et par la Maison Schneider et Cie pour la partie électrique.

Le courant pris aux bornes des machines possède une tension de 6 0 0 volts ; il est porté à 60 000 volts par des transformateurs élévateurs enfermés, pour parer à tout risque d'incendie, dans une série de cellules hermétiquement closes situées le long de la salle des machines.

L'appareillage haute tension occupe un vaste bâtiment séparé du reste de l'usine. Cet appareillage est divisé en autant de tranches qu'il y a de groupes. Tous les appareils du tableau sont du type « outdoor », c'est-à-dire établis pour fonctionner en plein air. Les espacements des conducteurs sont également ceux du tableau « outdoor ». Toutefois, pour faciliter l'entretien, l'ensemble a été enfermé dans une construction très légère en béton armé, amplement munie de dégagements de fumée. Une galerie de surveillance court tout autour du bâtiment et permet d'atteindre aisément chaque isolateur ou conducteur.

Un bâtiment spécial situé le long de la salle des machines abrite les tableaux de distribution à 3 000 volts pour les services intérieurs ; il contient les tableaux des appareils de mesure et des dispositifs de commande à distance de l'appareillage à 60 000 volts et à 3 000 volts ainsi que les tableaux de distribution du courant continu à 500 volts, des circuits alternatifs à 220 volts pour les petits moteurs et les circuits d'éclairage.

VI. — Clientèle actuelle et futurs débouchés de l'Union d'Électricité.

Dans un avenir prochain, l'Union d'Electricité disposera de 426 0.0 kw (Gennevilliers, 206 000 ; Vitry, 80 000 ; Nanterre, 20 000 ; Issy-les-Moulineaux, 20 000

Digitized by Google

capables de fournir à la clientèle 1 milliard de kilowatts-heure par an et cela, non compris les adductions prévues de courant provenant de la houille blanche (en premier lieu l'énergie de l'usine d'Eguzon).

La clientèle de l'Union comprend :

1° Tous les secteurs de la Banlieue parisienne dont les usines ont été reprises par l'Union et qui ont des concessions communales autour de Paris.

2° La Compagnie des Transports en commun de la Région parisienne pour les trois quarts de l'énergie qu'elle consomme (contrat jusqu'en 1950).

3° Le Chemin de fer Nord-Sud pour moitié de son énergie.

4° Les Chemins de fer de l'Etat (contrat jusqu'en 1950).

5° Les Chemins de fer Paris-Lyon-Méditerranée pour Paris et Villeneuve Saint-Georges (contrat jusqu'en 1940).

6° Les Chemins de fer de Paris à Orléans (contrat de 20 ans).

7° Une série d'importants clients particuliers.

ci-dessus et que l'Union aura à faire rapidement face à des nécessités nouvelles. Elle s'y est d'ailleurs déjà préparée; c'est ainsi qu'à Gennevilliers elle a prévu l'allongement des constructions actuelles et a réservé une superficie de trois hectares pour l'installation ultérieure de tableaux à 150 000 volts pour permettre l'amenée éventuelle de l'énergie des usines hydroélectriques du Rhône, du Rhin ou du Massif Central. L'Union d'Electricité a toujours pensé que, dans les prochaines années, devait converger sur Paris, émanant de ces puissantes réserves d'énergie, un ensemble de grands réseaux de distribution dont les usines thermiques de la Région parisienne et, en premier lieu, Gennevilliers, auraient à assurer l'équilibre et la sécurité. Elle a donc suivi avec une attention toute particulière la question des divers grandes transmissions d'énergie hydraulique vers la capitale, et c'est pour aider à réaliser cette association harmonieuse des richesses du pays que, dès l'origine, elle a tenu à participer, tout au moins dans leurs études, à la plupart des entreprises

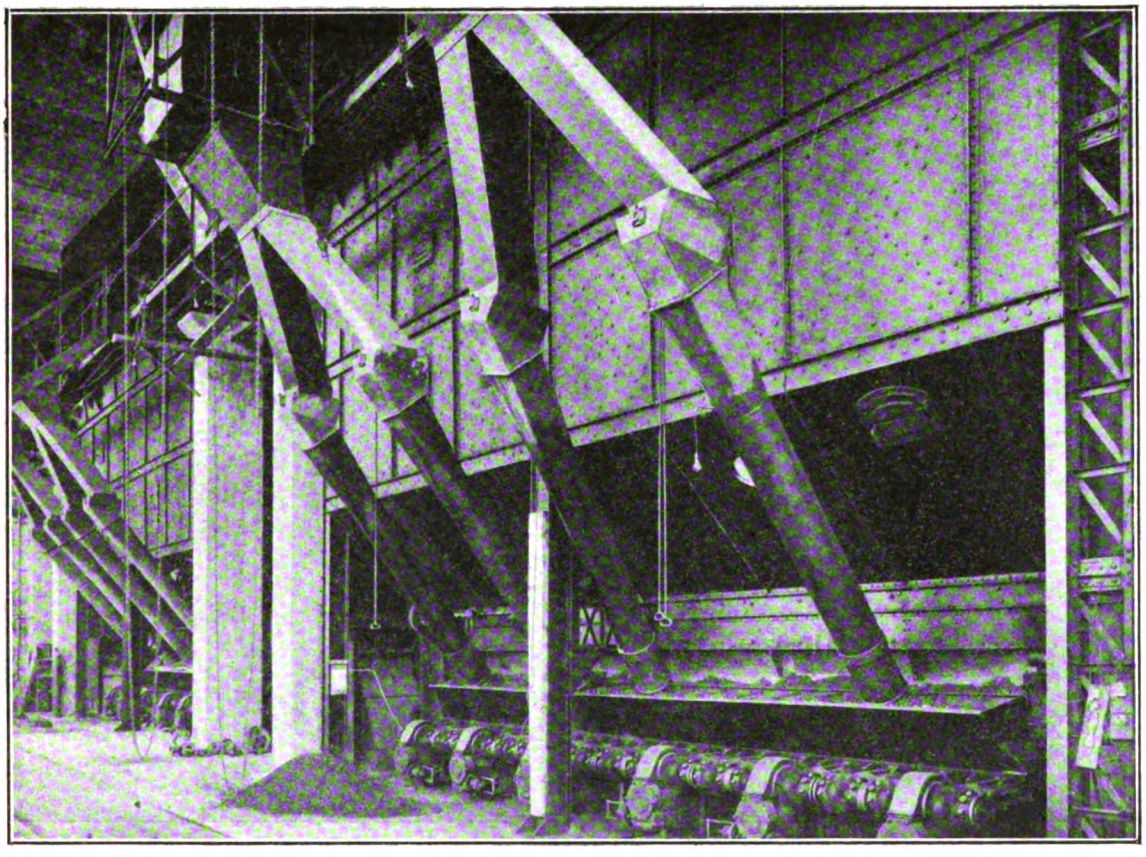


Fig. 3. — Vue des chaudières type Stirling de 2 100 m² de surface de chauffe de l'Usine de Gennevilliers.

Tous ces contrats comportent des formules tenant compte des variations éventuelles des prix du charbon et de la main-d'œuvre. Ils représentent aujourd'hui un débit de 400 millions de kilowatts-heure qu'on peut raisonnablement estimer devoir doubler en quatre ou cinq ans.

Pour l'ensemble de ses réseaux de distribution, l'Union va obtenir prochainement une concession d'Etat avec déclaration d'utilité publique. La durée de cette concession, prévue au cahier des charges, est de 75 ans; mais les usines génératrices de Gennevilliers et Vitry restent la propriété de la Compagnie et ne sont grevées d'aucune clause de rachat. Il est probable que, dans le champ considérable de l'agglomération parisienne, les développements nouveaux de l'électricité dépasseront très largement les prévisions indiquées

directement intéressées dans ces projets. Elle s'est associée à la Compagnie des Chemins de fer d'Orléans pour fonder « l'Union Hydro-Electrique » dont l'usine d'Eguzon, en cours de construction sur la Creuse, entrera vraisemblablement en service au début de 1925; en outre, tout récemment, elle a accepté de faire partie de la Société d'Etudes chargée de l'examen de l'utilisation éventuelle des ressources hydrauliques du Plateau Central et notamment de la Dordogne.

L'Union d'Electricité est donc appelée à jouer à l'avenir un rôle des plus importants dans l'économie nationale; elle a réuni tous les éléments techniques nécessaires pour jouer ce rôle dans les conditions les meilleures et les plus sûres.

Digitized by Google

Énergie Électrique du Nord de la France

Société anonyme au Capital de 30 000 000 francs

Siège social : 12, Rue d'Aguesseau — PARIS (VIIIe)

L'Énergie Électrique du Nord de la France a pour but l'exploitation des Stations Centrales à vapeur pour la production d'électricité, ainsi que la distribution du courant.

Elle se trouve située dans l'agglomération unique en France que forment les trois centres industriels si importants de Lille, Roubaix, Tourcoing et de leur banlieue, qui ne possédaient encore en 1906, avant la construction par l'Energie Electrique du Nord de la France de l'usine de Wasquehal, aucune installation importante de distribution d'électricité.

Le rôle de l'énergie électrique, dans cette zone si favorable à son exploitation par l'importance des nombreuses industries qui y sont installées (peignages et filatures de lin, de coton, de laines, tissages, manufactures de tapis, teintureries, rubanneries en pièces et en écheveaux, constructions mécaniques, produits chimiques, briqueteries, tuileries, brasseries, sucreries, distilleries, industries métallurgiques, etc...), avait été réduit jusqu'à cette époque à l'éclairage de quelques ilots de maisons.

C'est pour répondre à ces besoins, qu'un Groupe d'industriels avisés constitua en 1906, la Société « Energie Electrique du Nord de la France » (a).

Le réseau de cette Société s'étend sur la partie du Nord comprise entre la frontière belge et l'est de la ville de Lille. Elle est limitée au sud par une ligne passant au sud de Cysoing. La Société est concessionnaire de toutes les communes de cette zone, à l'exception de celle de Tourcoing exploitée par la ville elle-même qui achète le courant en gros à la Société

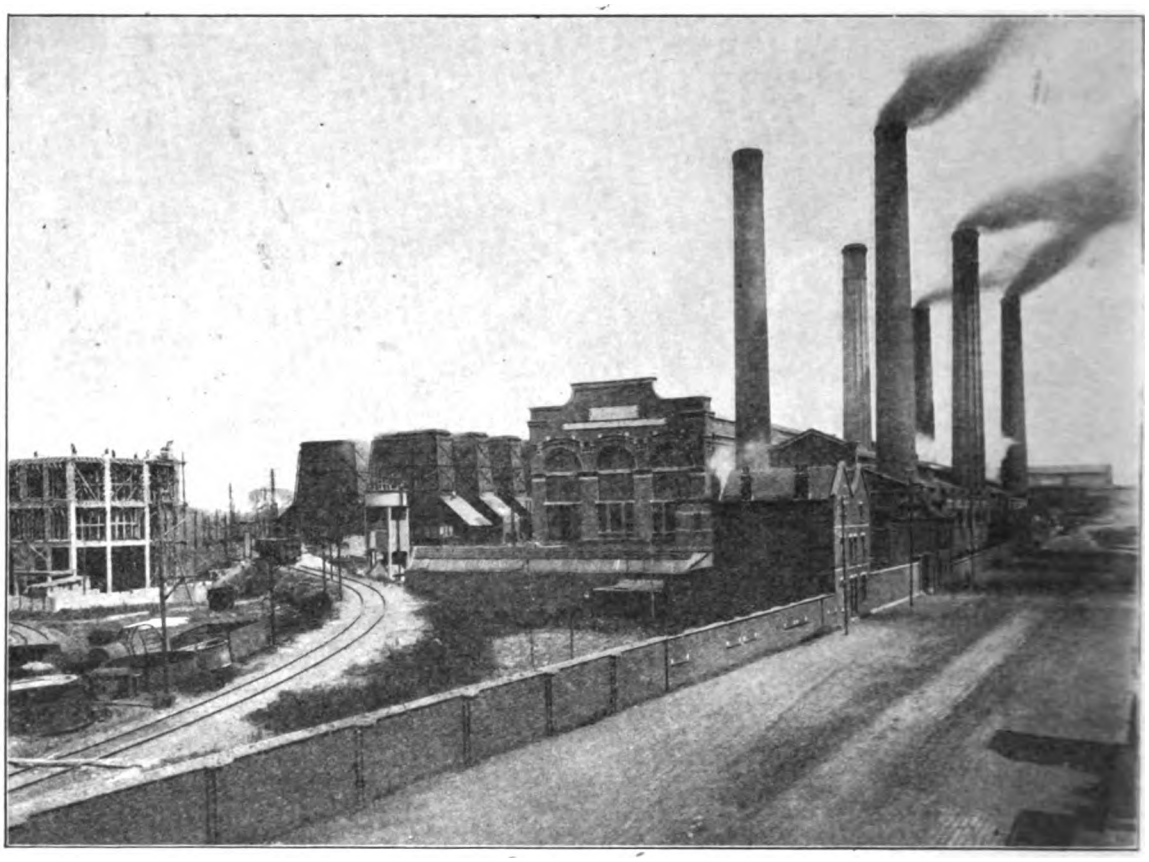


Fig. 1. — Vue de la Station centrale de Wasquehal.

La concession d'éclairage par le gaz et l'électricité de la ville de Roubaix a été rétrocédée à la Société Roubaisienne d'Eclairage par le Gaz et l'Electricité à laquelle l'Energie Electrique du Nord de la France fournit tout le courant qui lui est nécessaire. La Société effectue, en outre, l'alimentation des Tramways de Roubaix-Tourcoing, de l'Electrique Lille-Roubaix-Tourcoing, de la Compagnie des Chemins de fer du Nord, pour ses ateliers d'Hellemmes et de

(a). Le capital initial était de 1 500 000 fr ; il fut augmenté au fur et à mesure des extensions successives et s'élève actuellement à [illegible]. Il fut émis, entre temps, des obligations dont le montant s'élève [illegible] représentées par 12 000 000 fr du type 4,50 % et 20 000 000 du type [illegible] net d'impôts et 28 000 000 d'obligations du type 6,[illegible] net d'impôts.

Les dividendes distribués aux actionnaires ont été de 6 % pour l'exercice 1910, 4,50 % pour 1911, 5,50 % pour 1912, 6 % pour 1913, suspendus momentanément pendant la guerre, puis portés à 12 % pour 1919, pour 1920 pour 1921.

Digitized by Google

Roubaix-Tourcoing et, enfin, de quelques-unes des firmes les plus considérables et les plus autorisées de l'industrie du textile.

L'usine de Wasquehal fut installée au cœur même de l'agglomération de Lille-Roubaix-Tourcoing, en bordure du canal de la Marcq, le long duquel est aménagé un quai pour déchargement des charbons, avec raccordement au chemin de fer par un viaduc en ciment armé surplombant le parc à charbon et facilitant ainsi le déchargement des wagons.

L'approvisionnement et la manutention du charbon, dans un parc comportant une réserve d'environ 15 000 tonnes, s'effectue au moyen de grues à bennes preneuses, avec trains de wagonnets spéciaux transportant le charbon directement à la chaufferie,

L'usine génératrice de Wasquehal était équipée au 1er août 1914 pour une puissance de 50 000 chevaux. Un nouveau groupe de 5 200 kilowatts a été installé en 1921, de telle sorte que l'équipement actuel est de 56 000 chevaux, répartis en 9 groupes.

Le réseau de distribution, en majeure partie souterrain fonctionne sous la tension de 10 000 volts. Il comprend 4 sous-stations de transformations principales munies de commutatrices, à Roubaix, La Madeleine, Leers et Tourcoing, destinées principalement à alimenter les tramways en continu et à servir de coupure.

Le nombre de postes de transformations installés chez les abonnés s'élève à 406, dont 120 appartiennent à la Société. La longueur du réseau haute tension est de 318,500 kilomètres, dont 258 kilomètres en souterrain.

Le réseau basse tension est moins important ; il comporte, en particulier, des lignes aériennes de distribution à La Madeleine, Linselles et Bondues ; sa longueur totale est de 161,5 km, dont 102, 9 km en souterrain.

Pendant la durée de la guerre, un certain nombre de machines importantes ont été enlevées par l'ennemi, l'ensemble du matériel a été surchargé outre mesure et exploité sans le moindre entretien indispensable à sa bonne conservation, de sorte qu'à la libération de la région, après les sabotages volontaires commis par l'ennemi battant en retraite, la Centrale et les principales installations de la Société n'étaient plus susceptibles de produire qu'une puissance d'environ 1 500 kilowatts.

Cependant, Wasquehal étant la seule Centrale de la région non totalement détruite, et susceptible de pouvoir assurer la reprise rapide de la vie économique et industrielle de cette agglomération, tous les efforts furent faits immédiatement pour remettre en état progressivement, dans les meilleures conditions possibles, les différentes parties des installations de la Société.

Les résultats de ces efforts peuvent être résumés dans le tableau suivant :

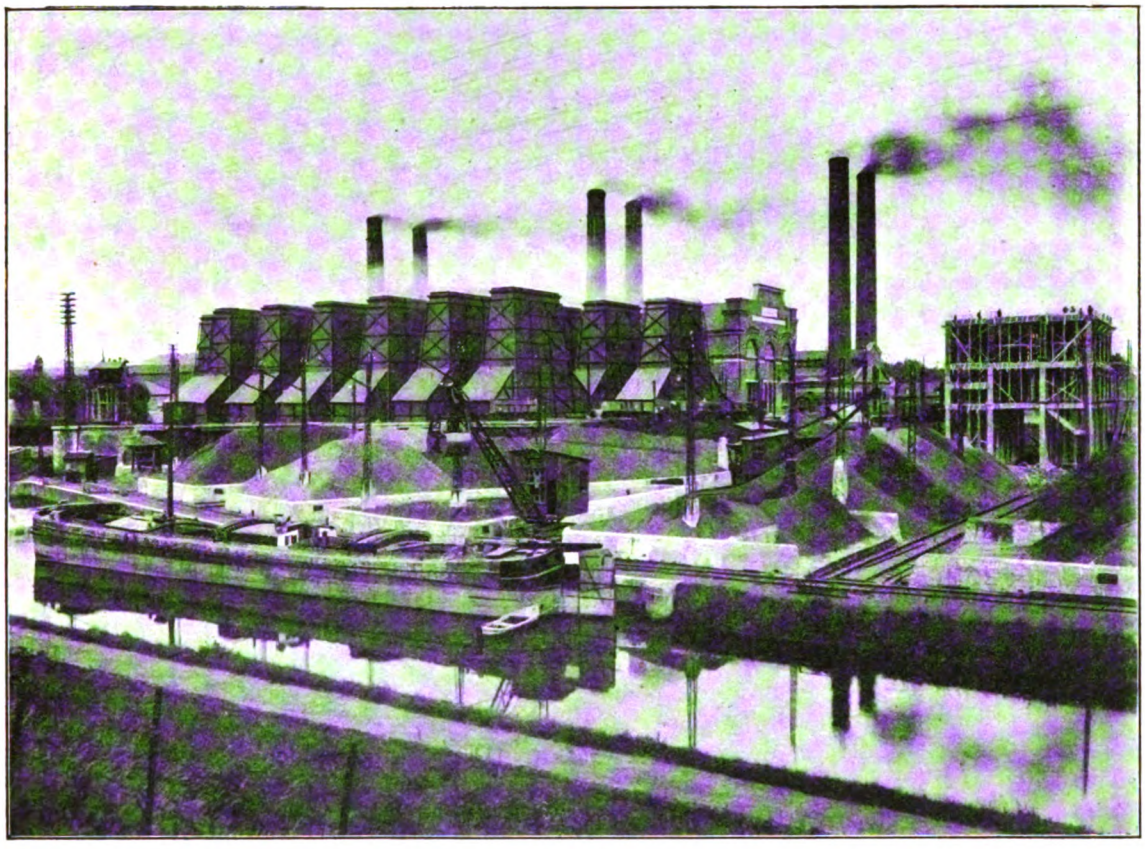


Fig. 2. — Vue de la Station centrale de Wasquehal.

Année	Nombre d'abonnés	Puissance raccordée haute tension en kw	Energie produite en kw-h
1909	97	5 020	17 000 000
1910	210	11 800	28 100 000
1911	380	14 180	33 340 400
1912	510	19 466	40 506 800
1913	578	23 469	54 656 300
1914 (7 m)	638	32 425	40 725 284
1919	783	36 000	32 146 000
1920	1180	50 500	65 000 000
1921	1307	53 200	65 300 000

Digitized by Google

La pointe maximum est passée de 16 000 kw ayant guerre à 28 000 kw.

En raison, d'une part, des destructions commises par l'ennemi aux œuvres vives des industries de la région et, d'autre part, de leur souci de reconstituer leurs établissements avec tous les perfectionnements de la technique industrielle moderne, tous les industriels furent amenés à adopter l'énergie électrique pour le fonctionnement de leurs usines. Les besoins devenant de ce fait impérieux et considérables, l'Energie Electrique du Nord de la France estima de son devoir de rechercher à satisfaire ces nouvelles demandes.

La Société se préoccupa donc d'avoir à sa disposition une

Une autre raison venait renforcer les motifs de cette décision : la mise en œuvre par l'Etat, dans les régions libérées, d'un grand programme de construction de lignes électriques destinées à lier entre elles les Centrales de production d'énergie électrique, en vue d'assurer des secours réciproques entre usines.

L'Etat ayant adopté pour son réseau la tension de 45 000 volts, il était indiqué pour l'Energie Electrique du Nord de la France de faire un choix analogue.

L'étude et l'exécution de la Centrale de Comines ont été confiées à la Société Générale d'Entreprises particulièrement qualifiée en raison de ses nombreux travaux antérieurs ana-

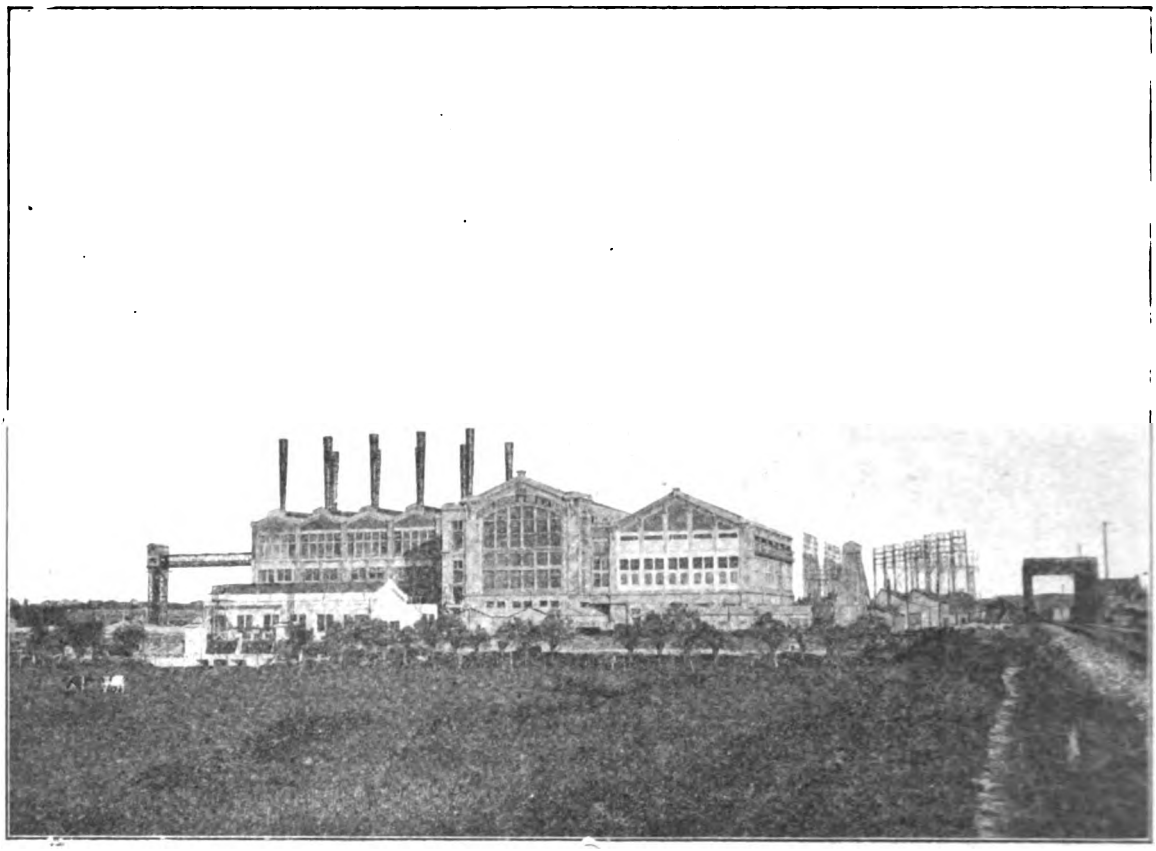


Fig. 3. — Vue de la Station centrale de Comines.

source de courant abondante, permettant de réaliser une économie importante, sur le prix de revient actuel. C'est dans ce but qu'elle décida en 1919 la construction d'une nouvelle centrale thermique à Comines (Nord). Cette ville, située à moins de 15 km des agglomérations de Lille, de Roubaix, Tourcoing, à une dizaine de kilomètres des centres industriels d'Armentières, d'Halluin, de Menin, est traversée par la Lys qui forme frontière avec la Belgique et qui, en aval de la Deule, est, parmi les rivières de tout le nord de la France, celle dont le débit est le plus important (environ 20 m³ : s en moyenne avec 5 m³ : s au minimum à l'étiage).

Cette rivière met la Centrale de Comines en liaison, pour ses approvisionnements de charbon, avec l'Angleterre par Boulogne, Calais et Dunkerque, avec les bassins houillers du Nord et du Pas-de-Calais, avec les bassins houillers belges et les charbonnages allemands et enfin, d'autre part, avec l'Angleterre par Gand et Anvers.

logues. L'usine est édifiée sur un vaste terrain de 30 hectares, en bordure de la Lys et de la ligne du Chemin de fer de Lille à la Belgique, à laquelle elle est raccordée par de nombreuses voies d'embranchement pour la réception des charbons par fer.

Aménagée avec les tout derniers perfectionnements de la technique moderne, elle est conçue pour produire une puissance de 200 000 chevaux par 6 groupes turbo-alternateurs de chacun 35 000 chevaux dont 3 sont en cours d'installation pour la première étape de construction.

Le premier groupe de 35 000 chevaux est en service, ainsi que le groupe de 5 000 chevaux destiné à l'alimentation des services auxiliaires de l'Usine. Le deuxième groupe de 35 000 chevaux sera mis incessamment en service.

Le courant est produit, comme à Wasquehal, en triphasé à 50 périodes par seconde à la tension de 10 000 volts aux alternateurs, et élevé directement à 45 000 volts.

Digitized by Google

Toute la manutention des charbons, dont les arrivages par fer et par eau pourront atteindre 2 000 tonnes par jour aux époques d'a-coups dans les transports, est conçue mécaniquement avec toutes possibilités d'effectuer les mélanges des diverses qualités de combustibles dont le parc d'approvisionnement sera susceptible de constituer une réserve de 40 000 à 50 000 tonnes.

La chaufferie, constituée par des générateurs de 1 000 mètres carrés de surface de chauffe produisant chacun 40 000 kilogrammes de vapeur à l'heure, sous une pression de 21 kg : cm² et à une température de 375° C'est disposée pour être desservie en partie par des grilles mécaniques et en partie par des turbo-pulvérisateurs de charbon de la Société « La Combustion rationnelle » dont les essais effectués depuis quelques mois à Wasquehal ont démontré l'économie et les nombreux avantages.

Un poste de transformation avec tableau de distribution annexé à la Centrale constitue le point de départ général des réseaux de transmission de l'énergie à 45 000 volts, réseaux qui, aboutissant aux sous-stations et postes principaux actuellement desservis par Wasquehal, alimentent les principaux centres d'utilisation, d'une part, puis forment liaison avec la Centrale de Wasquehal, d'autre part, et, enfin, par le Super-Réseau d'Etat d'inter-communication entre Centrales relient les Centrales de Comines et de Wasquehal aux principales Centrales du Nord et de l'Est.

Dans les sous-stations et postes principaux, le courant est transformé à 10 000 volts pour être distribué par les nombreux réseaux de distribution actuellement en exploitation par Wasquehal et qui seront complétés et étendus au fur et à mesure des besoins.

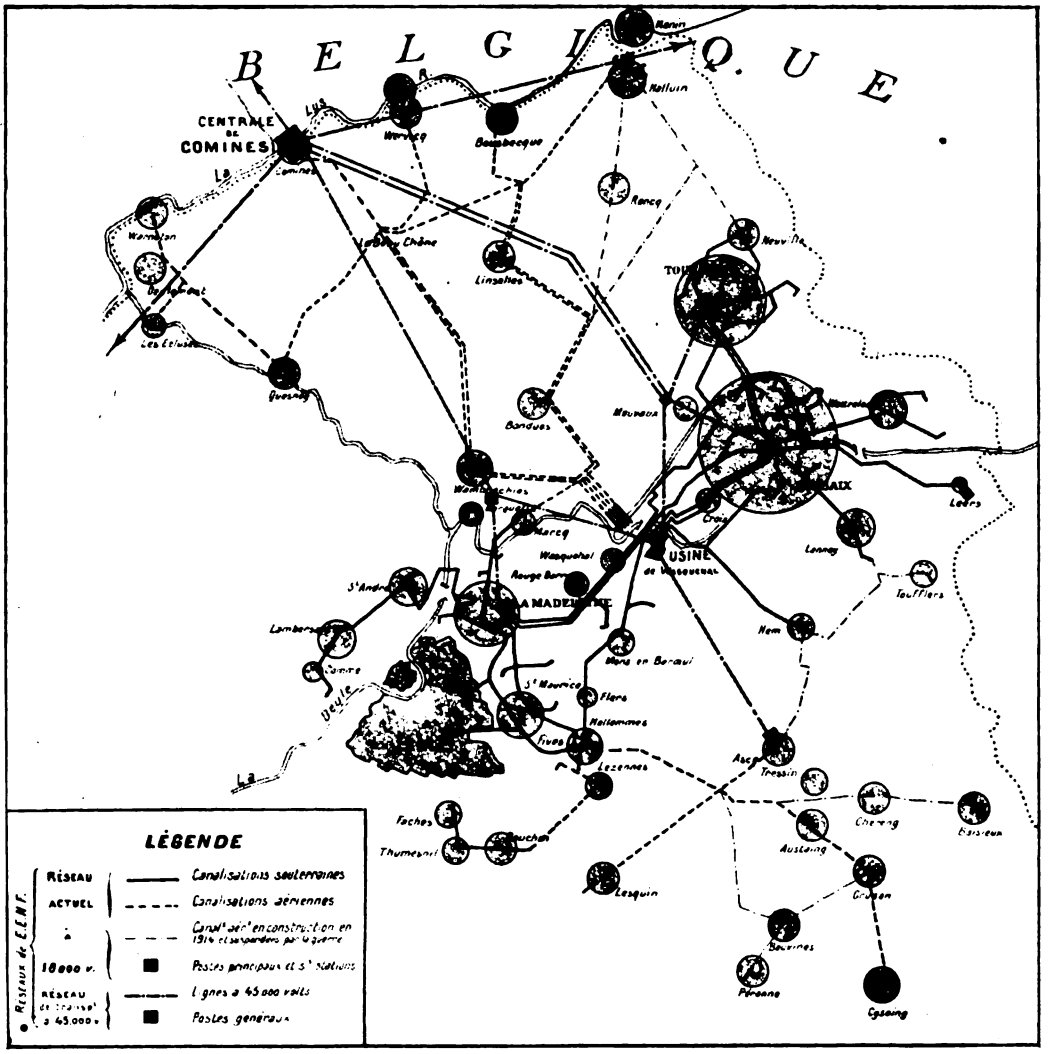


Fig. 4. — Carte d'ensemble du réseau.

Enfin, à la station centrale de Comines est annexée une cité ouvrière de 50 logements entourés de vastes jardins et pourvus de tout le confort nécessaire au bien-être de l'ouvrier dont la collaboration à l'exploitation n'en sera que plus efficace.

Il n'est pas douteux que munie ainsi d'un outillage perfectionné, l'Energie Électrique du Nord de la France continuera comme par le passé son développement industriel dont profiteront les usagers de la région.

1er Octobre 1922.

Digitized by Google

SUD-LUMIÈRE

Société anonyme au Capital de 5 000 000 francs

***Siège social :* 3, rue de la Boétie, 3 — PARIS (VIIIe)**

La **Société Sud-Lumière** (1) a été constituée, en 1907, dans le but d'assurer l'électrification des communes de la banlieue Sud immédiate de Paris non encore desservies par les autres distributeurs de la région parisienne, mais plus particulièrement en vue d'étendre cette électrification à toute la grande banlieue Sud parisienne et notamment à ses grands plateaux agricoles.

La région que dessert et doit desservir le **Sud Lumière** est délimitée approximativement par un secteur de cercle d'un rayon d'environ 60 kilomètres, ayant son centre au voisinage de la commune de Rungis, et dont les rayons extrêmes passent : l'un, orienté à l'Est, par Chennevières-sur-Marne et, de là, suit le parallèle de Pontault-Combaut ; l'autre, orienté à l'Ouest, par Fontenay-aux-Roses, puis franchit Versailles et Saint-Cyr, d'où il se dirige au Sud-Ouest sur Rambouillet.

Ce secteur comprend donc des grandes villes, comme Versailles, Etampes, Corbeil, Essonnes, Melun, Villeneuve-Saint-Georges, Sceaux, etc.

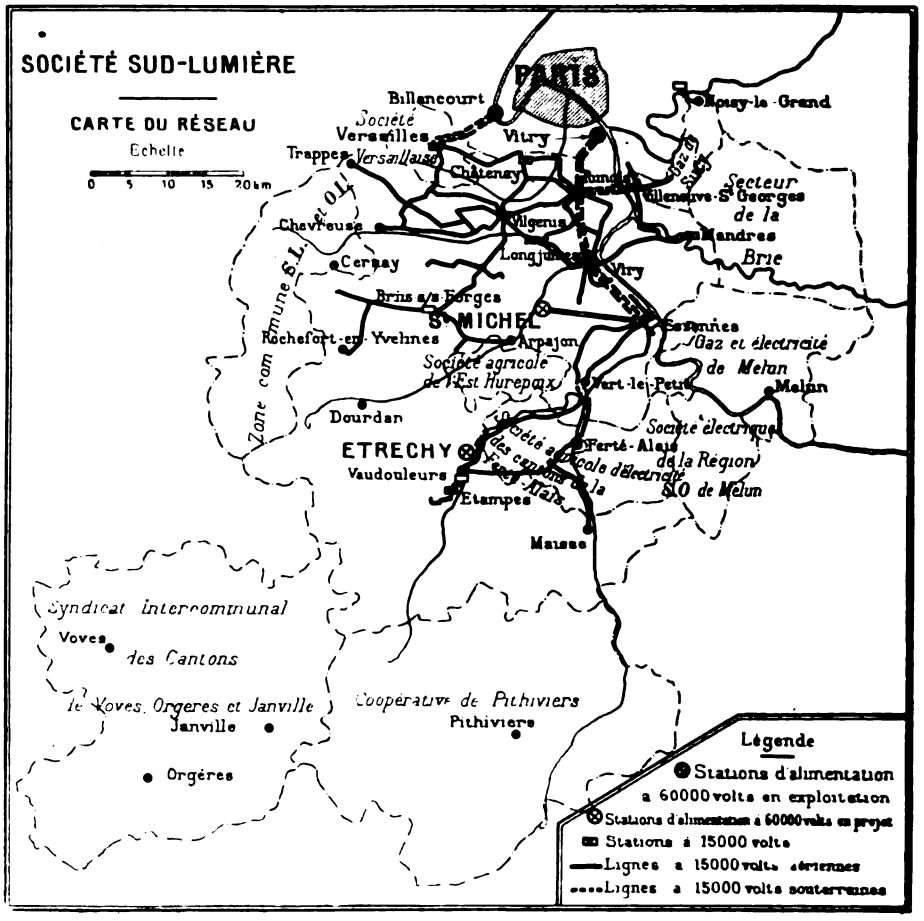


Fig. 1. — Carte du Réseau du Sud-Lumière.

Au point de vue géographique, ce secteur est traversé par la Seine, du Sud au Nord : il couvre entièrement les bassins des affluents de ce fleuve jusqu'au confluent de la Marne, savoir :

Le ru d'Ancœur, passant à Melun ; l'Ecole, l'Essonnes, la Juine et ses affluents ; l'Orge et ses affluents, notamment l'Yvette, enfin la rivière d'Yerres.

Dans la partie Nord-Ouest du réseau coule la Bièvre.

Entre les vallées de ces différentes rivières s'étendent des plateaux agricoles d'une très grande fertilité où le **Sud-Lumière** a déjà trouvé et trouvera surtout encore une très nombreuse et importante clientèle.

Le réseau du **Sud-Lumière** couvre une grande partie de la Brie française, le Hurepoix et la région Nord de la Beauce.

Dans les vallées se trouvent de nombreuses petites villes et beaucoup des habitations des populations particulièrement aisées ou riches.

Les bords de la Seine sont plus spécialement industriels, notamment dans la région de Villeneuve-Saint-Georges, Juvisy et sur Essonnes et Corbeil.

La population totale est de 497 000 habitants, d'après le recensement de mars 1921.

Cette population s'accroît rapidement dans la banlieue immédiate de Paris où les lotissements prennent peu à peu la place des grandes propriétés d'agrément.

DESCRIPTION TECHNIQUE DU RÉSEAU

Conception générale de la distribution. — L'importance de la clientèle à prévoir, par suite de la nombreuse population consommant l'énergie électrique pour la lumière et la petite force motrice, le grand nombre d'usines existant dans la région, l'éventualité prochaine à

(1) Le capital initial était de 2 000 000 fr en 1907. La même année, il fut porté à 2 400 000 fr par suite de l'absorption du secteur de Villeneuve-Saint-Georges.

En 1913, il est porté à 5 000 000 fr.

Les dividendes distribués aux actionnaires ont été les suivants :

Aux actions de priorité :

3 p. 100 pour les exercices 1907-1908, 1908-1909, 1909-1910.
4 p. 100 pour l'exercice 1910-1911.
4,5 p. 100 pour l'exercice 1911-1912.
5 p. 100 pour l'exercice 1912-1913.

Depuis, par suite de la guerre, tout paiement a été suspendu.

En outre, en 1911, le **Sud-Lumière** a émis pour 2 400 000 fr d'obligations à 4,5 p. 100 et, en 1918, pour 2 600 000 fr d'obligations 6 p. 100.

Digitized by Google

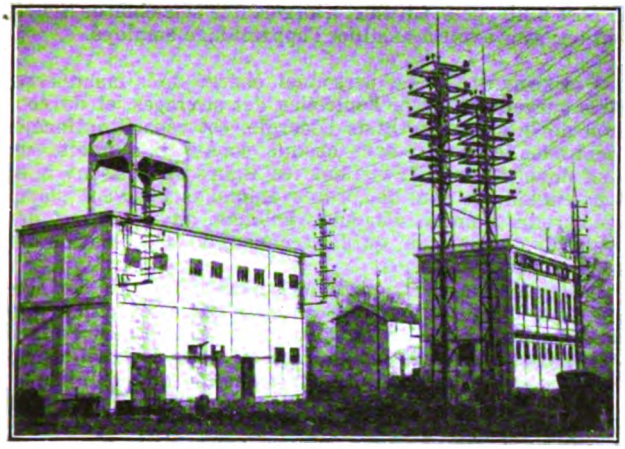


Fig. 2. — Sous-station de Rungis.
(Sous-station, maison d'habitation, magasin).

l'électrification des tramways ou chemins de fer sur route, le grand rayon d'action et l'aire considérable du réseau ont posé le problème de la distribution de l'énergie électrique, dans cette vaste étendue, sous sa forme la plus générale.

Grâce à son bas prix de revient de l'énergie, le **Sud-Lumière** peut pénétrer dans toutes les usines et fournir l'énergie électrique pour tous les usages; par suite, il a été nécessaire d'envisager la création d'un réseau de transmission et de distribution répondant à tous les besoins et muni de tous les perfectionnements et moyens de secours à l'effet d'assurer un service continu et irréprochable à la clientèle.

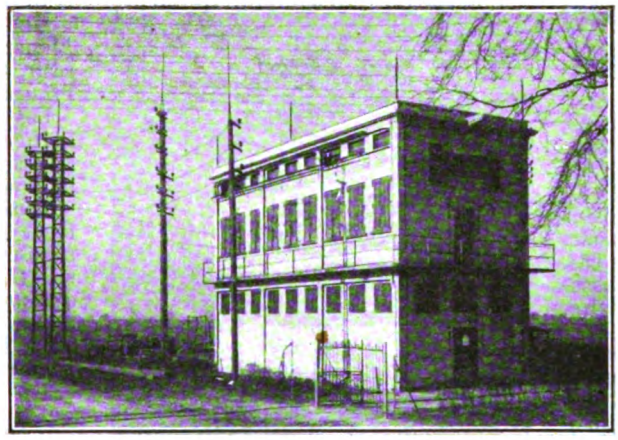


Fig. 3. — Sous-station de Rungis.

Réseau. — Sans entrer dans les démonstrations théoriques, ni dans les détails techniques d'exécution, nous nous bornerons à dire que le réseau du **Sud-Lumière** est constitué par des mailles, ayant la forme, en se rapprochant, de triangles équilatéraux (système hexagonal) au sommet desquels se trouvent des sous-stations ou postes de distribution à haute tension, qui permettent le contrôle instantané de toute la distribution avec un développement minimum des canalisations primaires.

Ces sous-stations ou postes sont connectés à ce réseau, de telle sorte que leur alimentation est assurée par au moins deux voies, complètement indépendantes.

Sous-stations et postes de distribution haute tension. — Les sous-stations et postes de distribution placés aux nœuds du réseau, à des distances régulières les unes des autres, permettent :

Le contrôle instantané des lignes primaires par sections de faible longueur;

La localisation des défauts électriques par le réglage en cascade des disjoncteurs automatiques et l'élimination automatique et sélective des lignes en avarie;

La régulation de la tension sur les sections de lignes où il est nécessaire et dans la proportion imposée par la charge de cette section, sans pour cela modifier la régulation des autres sections de ligne;

L'entretien méthodique, et sans aucune interruption pour la clientèle, de toutes les parties du réseau;

Le contrôle de l'état électrique des lignes, par des barres omnibus d'essai, indépendantes des barres de service et ceci sans provoquer de perturbation sur les lignes en service.

Ces sous-stations et postes sont reliés entre eux, actuellement par ligne téléphonique normale et seront prochainement reliés téléphoniquement entre elles par télégraphie sans fil.

Postes de transformation. — Les postes de transformation sont, ou embrochés en série sur les lignes de distribution qui, comme nous venons de le voir, sont toutes bouclées, soit sur des sous-stations, soit sur des postes ou placés en dérivation sur ces lignes, par l'intermédiaire d'un poste de dérivation.

Dans les deux cas, l'alimentation du transformateur peut se faire, soit par l'un, soit par l'autre des deux tronçons de la ligne de distribution, adjacents au point de dérivation.

Donc, en cas d'avarie en un point quelconque des lignes de distribution, *aucun poste* de transformation n'est arrêté plus de temps qu'il n'est strictement nécessaire pour ouvrir les couteaux de sectionnement du côté avarié.

Le transformateur se jonctionne aux lignes à 15 000 volts par l'intermédiaire soit de fusibles, soit de disjoncteurs à huile automatiques. Les fusibles ne sont employés que pour couvrir des transformateurs ou dérivations d'une puissance au plus égale à 70 kilowatts. Pour les puissances supérieures à 70 kilowatts, on emploie le disjoncteur à huile.

Les postes de transformation sont de trois types :

1° **Type aérien.** — L'encombrement de la voie publique n'est pas supérieur à celui des simples appuis de lignes.

Il est excessivement économique et comporte, cependant, tous les appareils de protection nécessaires.

Il est utilisable, comme poste de sectionnement de dérivation, avec ou sans transformateur local.

2° **Poste pylone.** — Le poste pylone est destiné à abriter des transformateurs d'une puissance au moins égale à 25 kilowatts et au plus

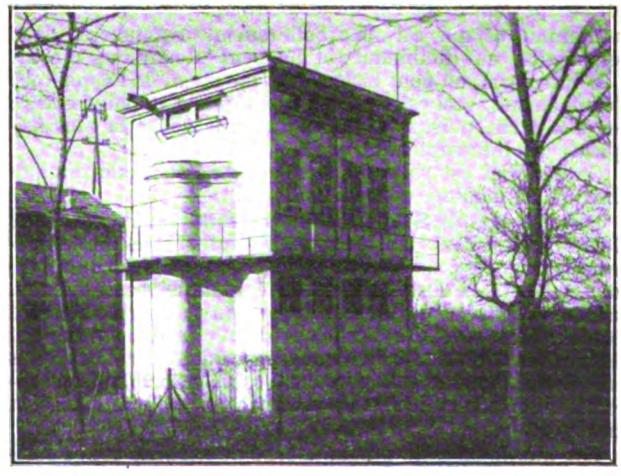


Fig. 4. — Sous-station de Viry-Châtillon.

Digitized by Google

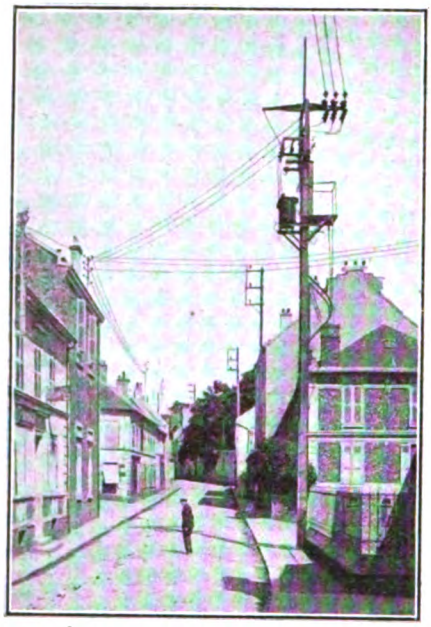


Fig. 4. — Poste de transformation de Gif.

outre, deux dérivations. Ce poste est partie en ciment armé, partie métallique; son encombrement est de 2,50 m × 2,50 m.

Il est surtout destiné aux grosses agglomérations, grandes industries, etc. Dans le réseau, il sert dans tous les cas, de poste de raccordement, tout en assurant la distribution locale secondaire.

Matériel de ligne à 15 000 volts. — Le **Sud-Lumière** emploie un équipement de ligne à 15 000 volts d'un modèle nouveau, qui est caractérisé par de grands écartements des fils entre eux et à la terre.

Les distances entre les conducteurs et avec la terre sont immuables et ne dépendent pas de la fantaisie des monteurs.

Pour un écartement donné des fils, cet équipement exige l'appui de hauteur minimum, ce qui est particulièrement avantageux dans les angles, en diminuant le moment de renversement.

D'autre part, on peut isoler électriquement de l'appui tout l'équipement : ceci est très important quand le point neutre est à la terre, puisqu'on élimine ainsi la cause la plus fréquente des interruptions.

Ce matériel est robuste, simple, et présente de grandes facilités de montage et le démontage.

Les ouvrages du **Sud-Lumière** : sous-stations et postes de distribution haute tension ; postes de transformation de puissances graduées ; matériel de ligne ; appareillage à haute tension ; tableaux de distribution et de régulation à basse tension, sont tous ou presque tous de types nouveaux spécialement étudiés pour répondre aux nécessités de la distribution, et donner des coefficients de sécurité mécaniques et électriques très élevés, notablement plus grands que ceux adoptés généralement et qui seraient seulement nécessaires pour la tension employée.

Les motifs de cette grande marge de sécurité sont l'amélioration de l'exploitation, notamment l'assurance presque complète contre les avaries dues aux surtensions, et aussi

égale à 75 kilowatts.

Il permet de contrôler, par fusibles, plusieurs dérivations (jusqu'à trois) en sus de la ligne de distribution passant en série.

3° **Poste ciment.** — Ce type permet de contrôler par automatique une puissance de transformateurs logés à l'intérieur d'au moins 300 kilowatts et, en

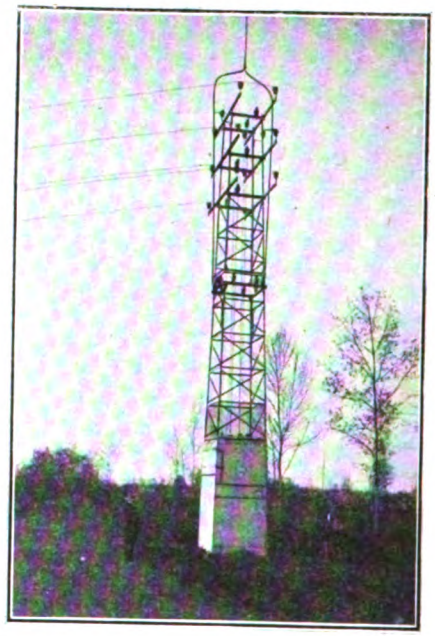


Fig. 5. — Poste pylone du Bouchet.

la possibilité, pour l'avenir, d'augmenter la tension de distribution, sans avoir à modifier l'appareillage employé.

Personnel. — Le personnel chargé de la manœuvre, de la surveillance et de l'entretien des ouvrages, et du contrôle de la puissance et de l'énergie, est réparti uniformément dans le réseau ; dans chaque sous-station habite un chef de poste, marié, visitant les lignes aboutissant à sa sous-station, et sous les ordres duquel se trouvent placés un certain nombre d'agents, habitant au voisinage des postes de distribution, qui le secondent dans l'exécution des opérations sus énoncées.

La répartition de ce personnel n'exige que des déplacements restreints autour des centres régionaux de distribution et permet : la visite très fréquente et régulière de tous les ouvrages, le contrôle journalier de la répartition de l'énergie et, enfin, le contact permanent avec la clientèle.

Les gros travaux de réparation sont assurés par une équipe volante, toujours disponible, étant fournie par l'atelier de montage annexé à la station principale de *Rungis*.

Dans cet atelier sont exécutés le scellement des isolateurs et l'assemblage des pièces détachées venues de l'industrie, constituant l'appareillage spécial d'équipement extérieur et intérieur créé par la **Société Sud-Lumière**.

Schéma de la distribution. — Alimentation. — L'alimentation du réseau est assurée par les usines de l'*Union d'Electricité*.

Les points de jonction du **Sud-Lumière** avec le réseau de *l'Union d'Electricité* sont actuellement les usines de *Vitry-sur-Seine* et de *Billancourt*.

Deux nouveaux points de raccordement sont prévus l'un à Saint-Michel-sur-Orge avec extension à 60 000 volts sur Corbeil et l'autre, au voisinage d'*Etampes*.

Des feeders souterrains à 15 000 volts relient les deux centres principaux actuels de distribution du **Sud-Lumière** au réseau de l'*Union*.

La station principale de Rungis est reliée à l'usine de *Vitry*.

La station de Versailles dont les panneaux appartiennent, les uns à la **Société Sud-Lumière**, les autres à sa cliente, la *Société versaillaise d'Eclairage et de Traction*, est reliée à l'usine de *Billancourt*.

Le réseau existant du **Sud-**

Fig. 6.
Poste de transformation Briis-sous-Forges.

Digitized by Google

Fig. 7.
Poste de transformation d'Yerres.

Lumière est actuellement desservi par deux centres d'alimentation, mais une fois le réseau de l'*Union d'Electricité* achevé dans le sud de Paris, la *station Corbeil-Essonnes* et la *station d'Etampes* joueront le même rôle que les deux premières ; l'alimentation du réseau du **Sud-Lumière** sera alors assurée dans les conditions les plus favorables possibles au moyen de quatre centres d'alimentation.

Outre l'alimentation par Gennevilliers, il est permis d'envisager, à brève échéance, le secours d'usines hydrauliques :

Massif-Central : Usine d'Eguzon de la Compagnie des Chemins de fer de Paris-Orléans.

Morvan : Forces motrices de la Cure.

Réseau haute tension. — En dehors d'un double feeder souterrain desservant la vallée industrielle de la Seine entre la station principale de *Rungis* et la *station de Corbeil-Essonnes* avec point de distribution au milieu du parcours de la *station de Vitry-Châtillon*, à proximité de Juvisy, tout le réseau haute tension du **Sud-Lumière** est aérien.

La longueur actuelle des canalisations haute tension établies est de :

Souterrain : 40 kilomètres.

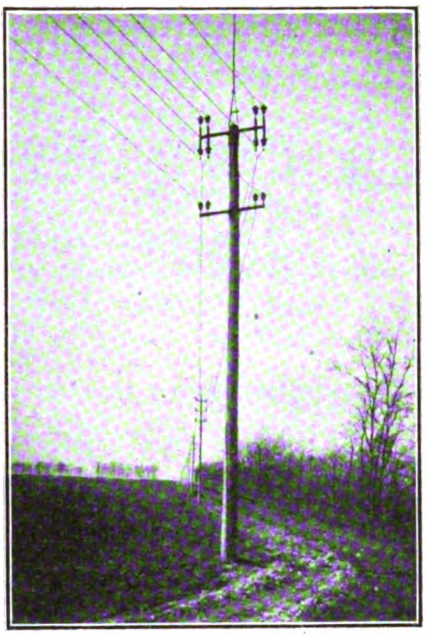


Fig. 8.
Ligne de 15 000 volts sur poteaux ciment.

Aérien : 450 kilomètres.

L'énergie est distribuée à la tension de 15 000 volts, la fréquence du courant étant de 50 périodes par seconde.

Réseau basse tension. — La longueur actuelle des canalisations basse tension est de 200 kilomètres.

Ces canalisations sont exclusivement aériennes.

L'énergie est distribuée à 4 fils, à la tension de 215 volts entre conducteurs, et 125 volts entre conducteurs et neutre, la fréquence du courant étant de 50 périodes par seconde.

Clientèle. — *La clientèle reliée au réseau comprend actuellement :*

Clients principaux :

La Société versaillaise d'Eclairage et de Traction desservant Versailles et un grand nombre de communes voisines.

La Compagnie de Gaz et d'Electricité de Melun desservant la ville de Melun et un certain nombre de communes voisines.

La Société des Etablissements Decauville à Essonnes.

La Société Radio-France à Sainte-Assise.

Clientèle normale :

Etablissements industriels. — Métallurgie, papeteries, imprimeries, tanneries, aviation, etc...

Etablissements agricoles. — Emploi de l'énergie à la commande de tous les appareils de fermes et notamment au *labourage électrique.*

Communes : Le nombre des communes desservies *directement* par le **Sud-Lumière** ou dans lesquelles le réseau est actuellement en construction est de 7 en Seine et 60 en Seine-et-Oise, en tout 116 000 habitants.

Clientèle nouvelle :

Communes à desservir directement par le **Sud-Lumière : 120, en tout 88 000 habitants.**

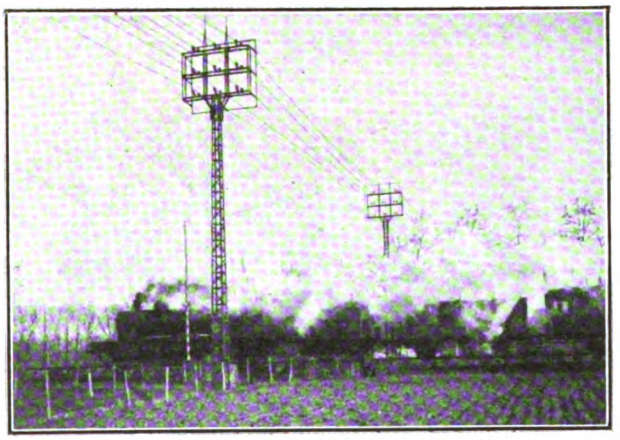


Fig. 9. — Traversée de chemin de fer à Viry-Châtillon.

En outre, la Société **Sud-Lumière** a passé des contrats de gros avec diverses sociétés :

La Société coopérative de Pithiviers, 96 communes ; 48 700 habitants.

La Société coopérative de la Ferté Alais, 15 communes 7 800 habitants.

Elle est aussi sur le point de signer des accords dans des conditions identiques avec :

La Société coopérative de l'Est Hurepoix, 14 communes, 5 630 habitants.

La Société électrique de la Brie, 16 communes, 19 530 habitants.

Le Syndicat de Communes de la région de Juvisy, 14 communes, 34 400 habitants.

La Société électrique de la Région S.-et-O. de Melun, 22 communes, 9 400 habitants.

La société **Sud-Lumière** a, de plus, été instamment priée d'intervenir en vue de la création de groupements analogues dans les régions suivantes :

Syndicat des Cantons d'Orgères, Voves, et Janville (Eure-et-Loir).

Région d'Etampes à Rambouillet.

Dans peu d'années, le réseau **Sud-Lumière** achevé fournira l'énergie électrique à :

510 communes et 497 000 habitants.

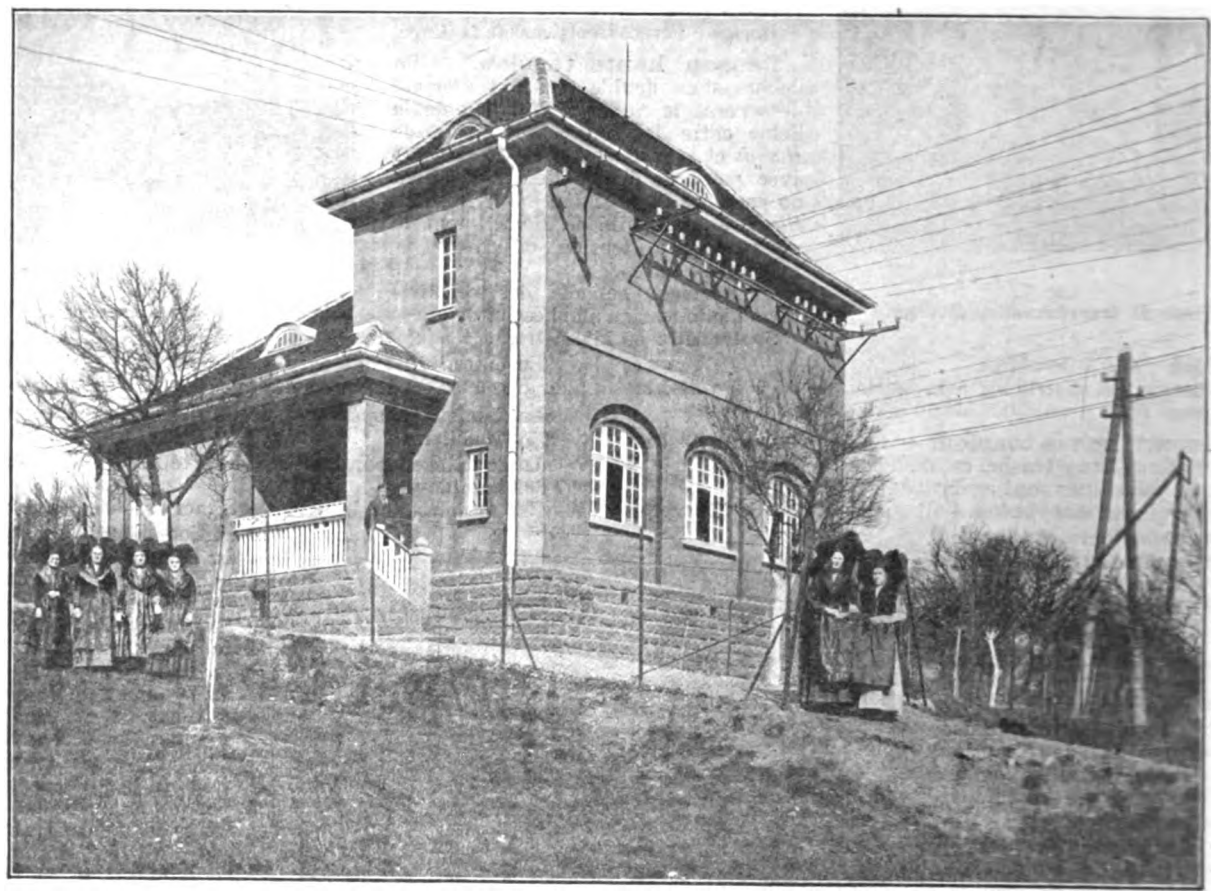
Grâce à ce réseau, l'industrie prendra un grand essor dans la vallée de la Seine au Sud de Paris, les terrains à la disposition des industries étant déjà sillonnés par des voies ferrées nombreuses et traversées par la grande voie fluviale de la Seine ; les régions agricoles desservies, déjà si riches de bonne terre, bénéficieront d'un surcroît inestimable de prospérité, puisqu'en tous points des terres à exploiter, les agriculteurs disposeront de nouveaux moyens rapides, économiques et puissants de travail.

Digitized by Google

ÉLECTRICITÉ DE STRASBOURG

L'Electricité de Strasbourg (1) exploite un vaste réseau de distribution d'énergie électrique s'étendant sur tout le département du Bas-Rhin et sur une partie du territoire badois. Ce réseau est alimenté par une station centrale thermique à Strasbourg et reçoit un appoint d'énergie, d'une part, des secteurs voisins auxquels il est relié par des artères à 70 000 volts, d'autre part, de petites centrales hydrauliques disséminées à l'intérieur de son propre secteur.

L'usine thermique de Strasbourg comprend deux centrales : la plus vieille, en exploitation depuis 1898, et qui sert actuellement de réserve; et la plus récente mise en exploitation en 1910, et qu'il a été nécessaire d'agrandir en 1921. Elle est située dans la partie sud-ouest de la ville, au bord de l'Ill. Le charbon peut donc arriver soit par voie d'eau, soit par voie ferrée; il est pris, pesé et transporté aux foyers, automatiquement, au moyen d'élévateurs à godets et de bennes sus-



Poste de couplage à Hochfelden

(1) Le capital social a subi les variations suivantes :

En 1899	4 500 000	marks
1905	5 500 000	—
1906	7 500 000	—
1908	11 250 000	—
1913	15 000 000	—
1920	25 000 000	francs

Parallèlement à cette augmentation, la Société a procédé à l'émission de divers types d'obligations :

En 1901	2 000 000	marks	à 4,5 pour 100
1910	3 000 000	—	à 4 pour 100
1912	5 000 000	—	à 4,5 pour 100
1914	4 000 000	—	à 3,5 pour 100
1920	14 000 000	francs	à 5 pour 100 net d'impôt.

Le dividende distribué a atteint 11 pour 100 dès 1911, chiffre auquel il s'est maintenu jusqu'en 1915; en 1916, il était de 10 pour 100; en 1917, 7 pour 100; en 1919, 5 pour 100 et en 1920 et 1921, 7 pour 100 net.

Digitized by Google

pendues en monorail, à traction électrique et bloc-système automatique. La pesée se fait par bascules semi-automatiques avant l'envoi aux foyers et à l'arrivée à chacun d'eux.

Les chaudières, au nombre de 18, sont du type Babcock et Wilcox et Steinmuller, à foyer mécanique, à 13,5 atmosphères, surface de chauffe totale de 5 980 mètres carrés, avec surchauffeurs et économiseurs Green et Steinmuller; le tirage est assuré par cinq cheminées de 70 à 88 mètres de hauteur au-dessus du sol.

Les salles de machines comprennent :

2 alternateurs à piston, triple expansion, d'une puissance totale de 2 500 kilowatts avec condenseur à mélange à commande directe.

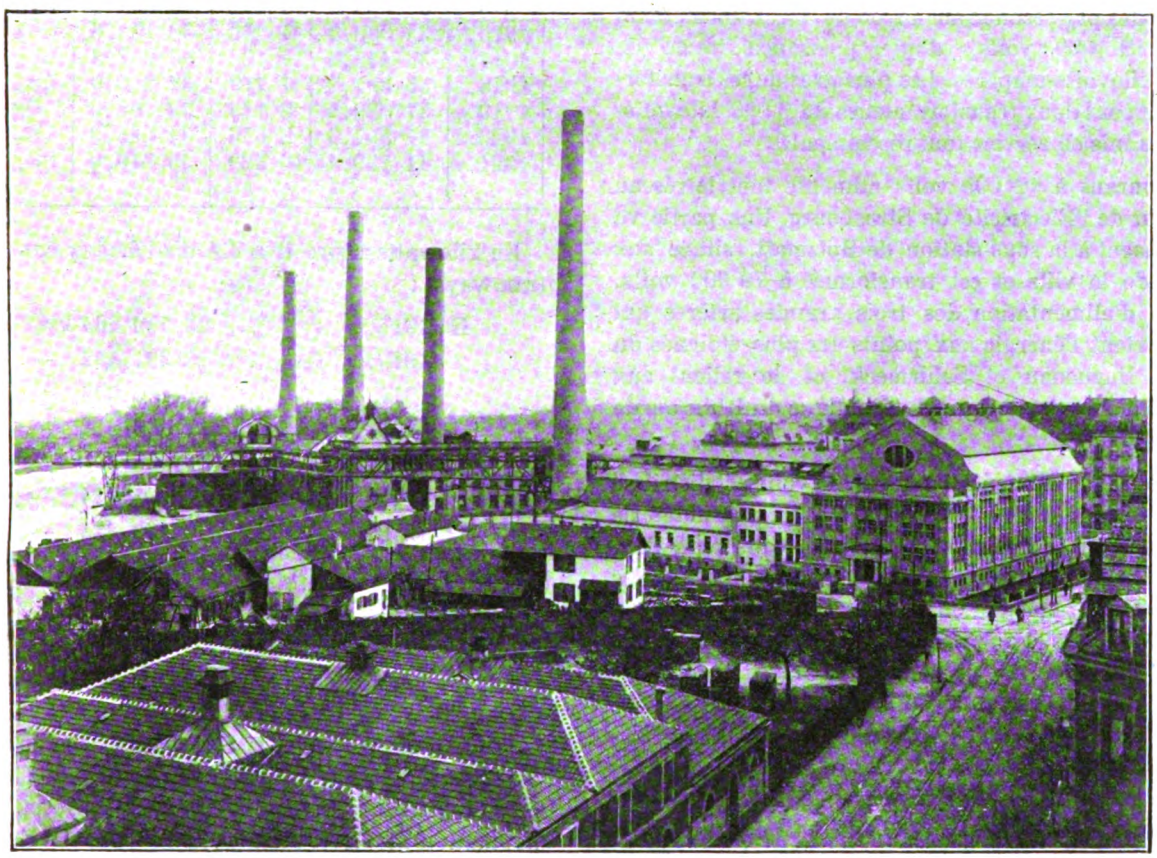
3 turbo-alternateurs A. E. G. Curtis de 1 000 et 1 100 kilowatts, 3 000 t : mn et de 2 800 kilowatts, 1 500 t : mn avec condenseurs à surface commandés par moteurs triphasés.

3 turbo-alternateurs A. E. G. Curtis de 4 000, 8 000 et 8 500 kilowatts, 1 500 t : mn avec condenseurs à surface commandés par petites turbines à vapeur indépendantes.

1 turbo-alternateur de la Compagnie Electro-Mécanique de 11 000 kilowatts, 3 000 t : mn avec condenseur à surface commandé par turbine à vapeur indépendante.

Après le montage de ce dernier groupe, la puissance totale de l'usine de Strasbourg sera de 39 000 kilowatts.

Le courant est produit aux bornes des alternateurs à



Station centrale de Strasbourg

L'eau d'alimentation provient du condenseur et, comme appoint, de l'Ill; elle est épurée chimiquement. Le contrôle thermique est assuré par les appareils les plus perfectionnés : outre les pesées de charbon et le mesurage de l'eau d'alimentation, — eau de condensation et eau d'appoint, — l'usine est pourvue d'analyseurs de CO^2 automatiques et enregistreurs, de thermomètres enregistreurs pour la mesure des températures des gaz de combustion, de l'eau d'alimentation ou de la vapeur à leurs divers états, de doseurs d'air Izart et Schultze-Dorsch, etc...

Digitized by Google

3 000 volts, 50 périodes par seconde. Il est utilisé à cette tension pour l'alimentation du réseau de câbles de la ville de Strasbourg. Pour l'alimentation du réseau de la Compagnie des Tramways strasbourgeois, il est transformé en courant continu à 600 volts dans une sous-station qui se trouve dans les bâtiments mêmes de l'usine et qui se compose de 3 groupes convertisseurs d'une puissance totale de 730 kilowatts, d'une commutatrice hexaphasée de 1 000 kilowatts et d'un groupe Pirani.

Pour l'alimentation du réseau de l'Électricité de Strasbourg, situé hors de cette dernière ville, le courant est transformé à la Centrale en courant à 12 000 volts, 50 périodes par seconde au moyen de 9 transformateurs 3 000/12 000 volts, d'une puissance totale de 21 600 kilovolts-ampères. Les plus gros de ces transformateurs sont deux transformateurs de 5 000 kilovolts-ampères mis en service tout récemment.

Ce courant à 12 000 volts alimente tout le réseau extérieur de l'Électricité de Strasbourg. Une partie va directement à la sous-station de Holzmatt, située aux portes de la ville et est transformée à 70 000 volts, tension d'alimentation des trois grandes artères qui transportent l'énergie aux points les plus éloignés du réseau, Haguenau et Schirmeck, et le relient aux sources d'énergie d'origine hydraulique du Rhin ou de la Suisse.

Le courant d'alimentation à 12 000 volts est distribué à cette tension ou à 20 000 volts à la grosse industrie et est abaissé en courant à 3×220 volts pour l'alimentation des communes raccordées. Les canalisations sont en cuivre; plus de 800 kilomètres de lignes à 12 000 ou 20 000 volts d'une section de 25 et 35 millimètres carrés alimentent plus de 700 kilomètres de lignes basse tension et environ 60 000 raccordements. Le réseau de Strasbourg est constitué par 280 kilomètres de câbles à haute tension et 320 kilomètres à basse tension et 43 kilomètres à courant continu pour les Tramways. Une partie du courant à 3 000 volts passe le Rhin à cette tension au pont de Kehl et est transformé à 7 000 volts pour l'alimentation du réseau badois.

L'Électricité de Strasbourg distribue directement le courant dans 323 communes du département du Bas-Rhin et 14 communes du territoire badois. Elle alimente, en outre, divers petits secteurs à l'intérieur de sa zone (Saverne, Erstein, Illkirch-Graffenstaden, Bischwiller, etc...). Elle a plus de 120 000 compteurs placés, plus d'un millier de transformateurs en service, d'une puissance totale d'environ 50 000 kilovolts-ampères.

Le tableau suivant indique le développement du réseau pendant les dix dernières années pour la lumière et la force motrice (les tramways ne sont pas compris dans les chiffres ci-dessous) :

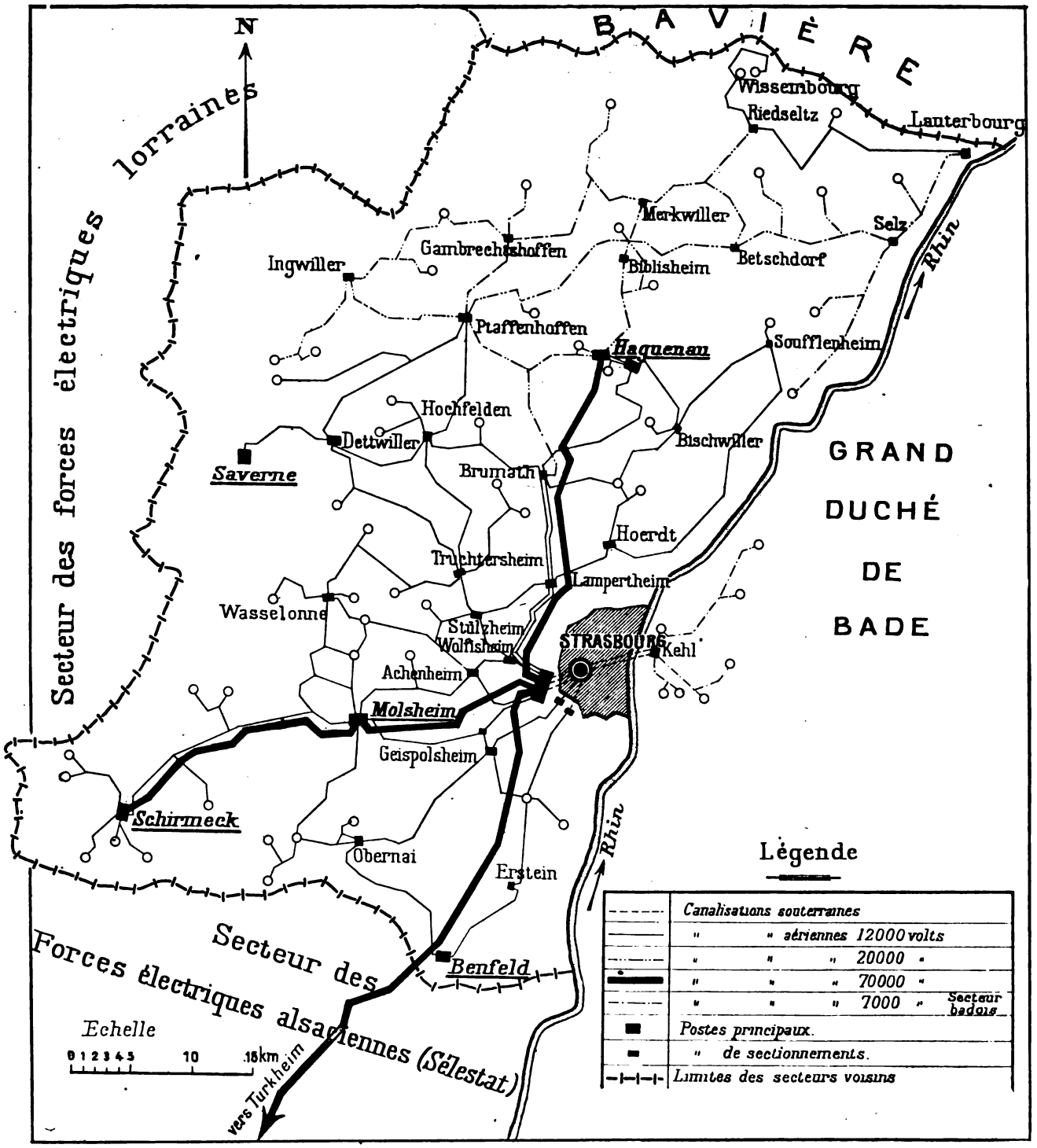
	LUMIÈRE EN KILOWATTS	MOTEURS		PUISSANCE INSTALLÉE (NON COMPRIS LES TRAMWAYS) EN KILOWATTS
		NOMBRE	KILOWATTS	
1912..	25 827,3	4 977	19 148,8	44 976,0
1913..	28 518,9	5 986	24 679,1	53 198,0
1914..	30 458,8	6 711	28 062,2	58 521,0
1915..	32 896,0	6 991	29 097,2	61 993,2
1916..	34 300,9	7 255	30 152,6	64 454,5
1917..	35 455,3	7 467	30 962,8	66 418,1
1918..	36 387,7	7 719	32 260,0	68 659,5
1919..	37 089,2	8 143	33 362,3	70 451,5
1920..	37 807,3	8 676	34 895,9	72 703,2
1921..	41 189,4	10 629	45 916,9	88 106,3

En kilowatts-heure il a été distribué (y compris les tramways) :

En 1912.....	23 729 264	kw-h
1913.....	28 391 452	—
1914.....	32 146 946	—
1915.....	33 886 011	—
1916.....	35 145 521	—
1917.....	36 204 844	—
1918.....	39 133 823	—
1919.....	38 699 704	—
1920.....	46 296 060	—
1921.....	49 716 098	—

Les quelques mots ci-dessus indiquent à eux seuls déjà suffisamment combien l'usage de l'électricité est répandu dans la région de Strasbourg. Les communes d'Alsace qui utilisent directement l'énergie électrique fournie par l'Électricité de Strasbourg représentent une population desservie de 88 pour 100 de celle de tout le territoire de la zone de cette Société. Le touriste qui visite les Vosges n'est pas peu frappé de constater que les villages les plus perdus dans la montagne possèdent leur réseau électrique : les bienfaits de l'électricité doivent en effet profiter à tous et il serait injuste que seuls les habitants des villes et des grosses communes aient la possibilé d'en jouir. L'installation des réseaux ruraux est une des tâches que devraient entreprendre toutes les sociétés de distribution d'énergie électrique et l'Électricité de Strasbourg a montré qu'un effort dans ce sens pouvait et devait être couronné de succès.

Digitized by Google



Plan du réseau de «l'Electricité de Strasbourg»

Digitized by Google

SUD-ELECTRIQUE

Société anonyme au Capital de 15 Millions de francs.

Siège social : 94, rue Saint-Lazare, PARIS (9e)

Direction à AVIGNON

Le Sud-Electrique a été créé, en 1905, dans le but de distribuer en Provence et dans la zone située au sud des Cévennes de l'énergie électrique provenant d'usines sur la Durance et d'une usine sur la Vis (Cévennes).

Dans ce but, il a conclu, avec différents producteurs de courant, des accords de longue durée : avec l'Energie électrique du Littoral méditerranéen qui lui livre, à Arles, une quantité importante d'énergie produite sur la Durance ; avec la Société d'Electricité de la Vallée du Rhône dont la fourniture a lieu à Bollène, et avec la

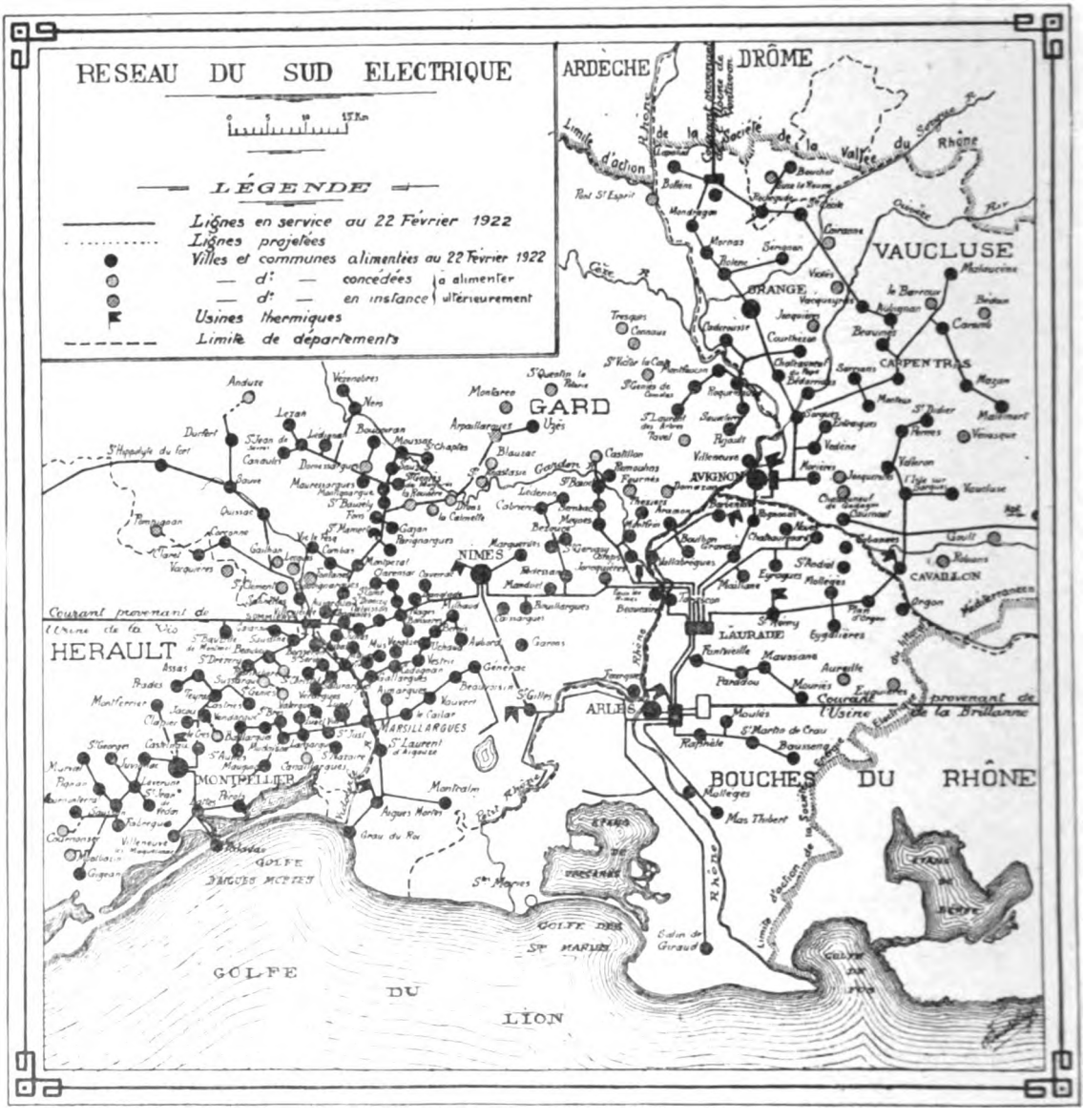
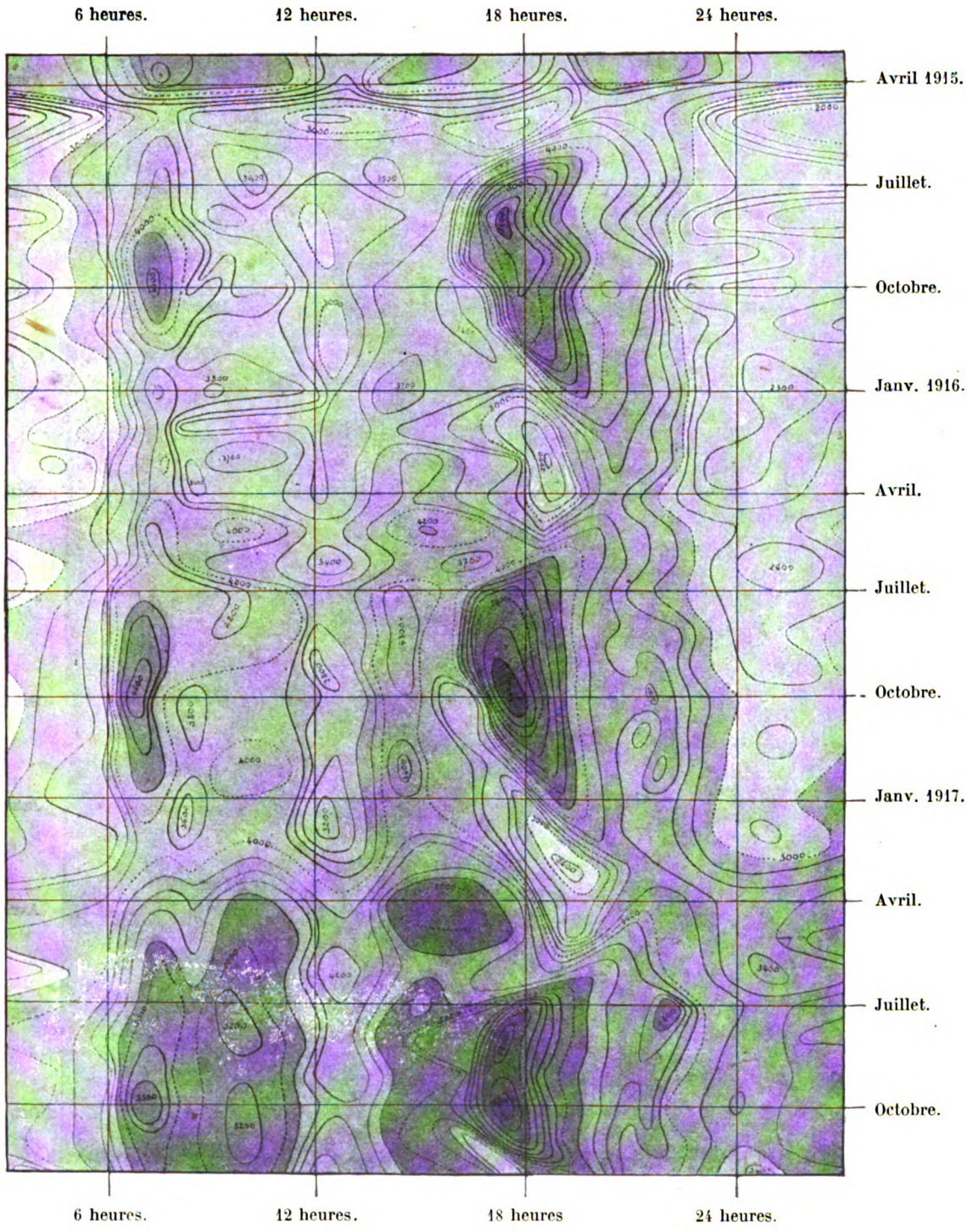
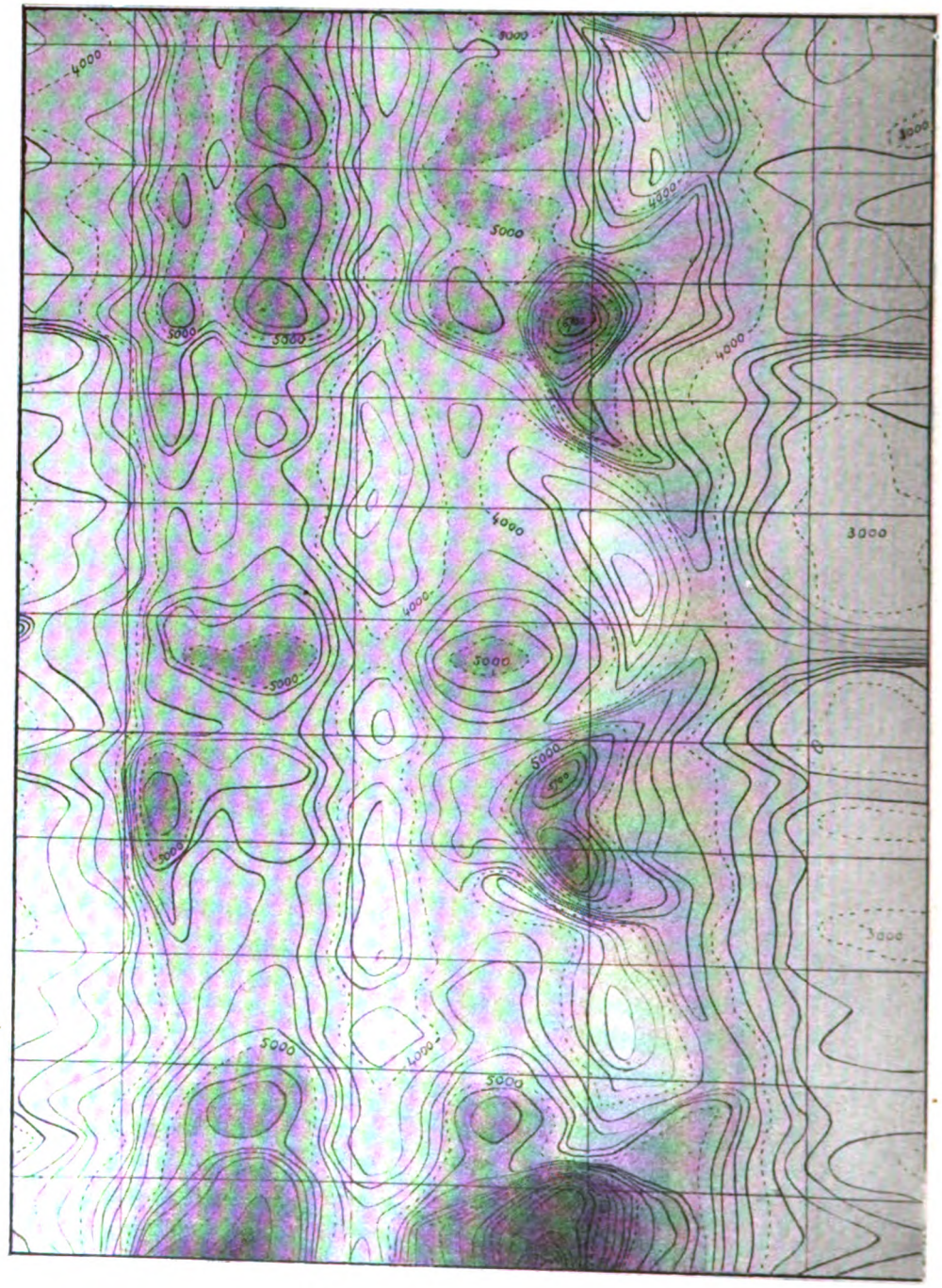


Fig. 1. — Carte du Réseau du Sud-Electrique

Digitized by Google

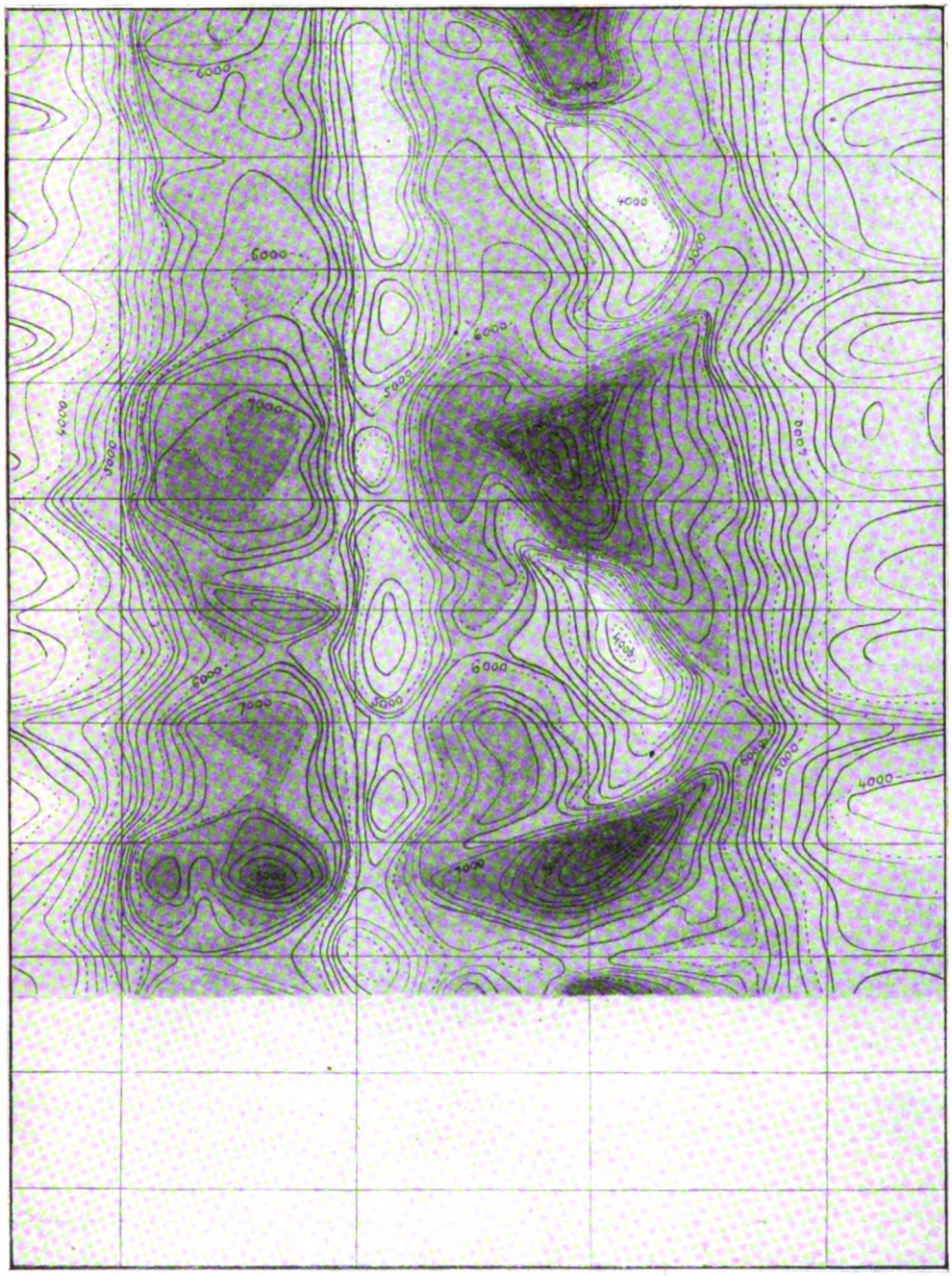


Digitized by Google



Digitized by Google

6 heures. 12 heures. 18 heures. 24 heures.



Janv. 1920.

Avril.

Juillet.

Octobre.

Janv. 1921.

Avril.

Juillet.

Octobre.

Janv. 1922.

6 heures. 12 heures. 18 heures. 24 heures.

Digitized by Google

Société des Forces motrices de la Vis dont le **Sud-Electrique** exploite lui-même l'usine de Madières sur la Vis.

Le **Sud-Electrique** bénéficie donc d'une situation privilégiée entre les Alpes et le Massif-Central, permettant la liaison, sur son réseau, des usines hydroélectriques de ces deux régions dont les régimes se complètent, les torrents des Alpes ayant leur étiage en hiver, tandis que celui des rivières du Massif-Central a lieu en été.

Une double tâche s'imposait donc au **Sud-Electrique**: d'une part, harmoniser ses contrats d'achat de courant et sa propre production d'énergie de secours en tenant compte du débit des usines hydroélectriques, d'autre part, s'assurer un ensemble de clientèle qui permette d'utiliser, dans les meilleures conditions possibles, l'énergie dont le **Sud-Electrique** dispose.

La première condition a été réalisée par le fait que l'usine de Madières sur la Vis donne son débit maximum en hiver, c'est-à-dire au moment des plus fortes demandes d'énergie, ce qui permet au **Sud-Electrique** d'acheter une quantité constante d'énergie en provenance de la Durance. De plus, le **Sud-Electrique** dispose de deux stations de secours pourvues chacune de moteurs à combustion interne d'une puissance globale de 3 000 chevaux, l'une à Nimes, l'autre à Avignon et dont le rôle est journellement celui que joue l'usine de Madières annuellement, c'est-à-dire de couvrir les pointes d'éclairage pendant quelques heures par jour et en hiver. Ces moteurs à mise en marche instantanée serviront également de secousr en cas d'orages, avaries de lignes, et en cas de sécheresse exceptionnelle, comme cela s'est produit en 1921.

En résumé, la première condition à réaliser consistait, par un choix approprié de sources d'énergie, à couvrir les pointes de la clientèle et à combler les déficits annuels de certaines de ces sources hydrauliques.

La deuxième condition est, en réalité, fonction de la première; elle consistait à adapter, à forger une clientèle qui utilisât dans les meilleures conditions possibles l'énergie disponible; cette politique commerciale consistait surtout à « remplir les trous », de midi et de nuit sur la courbe de charge journalière, d'été sur la courbe annuelle. Les 4 reliefs de charge que nous reproduisons ci-après montrent les résultats auxquels était arrivé le **Sud-Electrique** avant la guerre, la chute subite d'août 1914 représentée par une falaise du relief, la reprise graduelle de l'exploitation à partir de 1915, et son développement pendant la guerre. (On remarquera, notamment, l'effet de l'avance de l'heure d'avril à octobre.)

Tandis que les courbes habituelles de charge qui sont à deux dimensions seulement ne donnent qu'un aperçu momentané de l'exploitation d'une Société, les reliefs de charge constituent un graphique à trois dimensions, qui permet d'étudier l'exploitation du **Sud Electrique** comme on le ferait d'un terrain avec courbes de niveau.

Le réseau de distribution du **Sud-Electrique** intéresse les quatre départements des Bouches-du-Rhône, Gard, Hérault et Vaucluse. La population des régions desservies directement ou indirectement par la Société est de 425 000 habitants.

La Société est directement concessionnaire de la distribution d'énergie électrique dans 162 communes; 147 de ces réseaux sont placés sous le régime de la concession (loi de 1906) et 15 sous le régime des permissions de voirie; les concessions ont, pour la plupart, une durée de 30 à 40 ans et viennent à expiration entre 1935 et 1960. La Société alimente indirectement 25 villes, comprenant notamment Avignon, Nimes et Montpellier, qui sont desservies par des Sociétés concessionnaires spéciales auxquelles elle fournit le courant électrique en gros Elle est, d'ailleurs, intéressée comme principal actionnaire, dans la Société avignonaise d'Electricité et dans la Société nîmoise d'Electricité.

Les réseaux de distribution de la Société comprennent une longueur totale des 717 kilomètres constitués par 1 299 kilomètres de lignes à haute tension et 418 kilomètres de lignes à basse tension.

Le **Sud-Electrique** dessert une clientèle de force motrice extrêmement variée comportant des utilisations industrielles, minières, agricoles et viticoles. La répartition saisonnière des utilisations agricoles et viticoles notamment les arrosages et submersions, compensent pour le **Sud-Electrique**, la diminution des demandes d'énergie en été et lui assurent une remarquable régularité de charge.

Statistiques.

	1913	1921	Accroissement
Nombre de polices desservies.....	13 098	27 996	14 898
Puissance en chevaux des moteurs branchés....	7 000	13 875	6 875
Nombre de lampes directement alimentées....	87 000	156 000	69 000

Digitized by Google

Société Méridionale de Transport de Force

Anonyme au Capital de 12 Millions de francs

Siège social à CARCASSONNE

La Société méridionale de Transport de Force est la plus ancienne des Sociétés françaises de distribution d'énergie électrique à haute tension.

L'inauguration de l'Usine hydroélectrique de Saint-Georges près Axat (Aude) remonte, en effet, au 1er avril 1901.

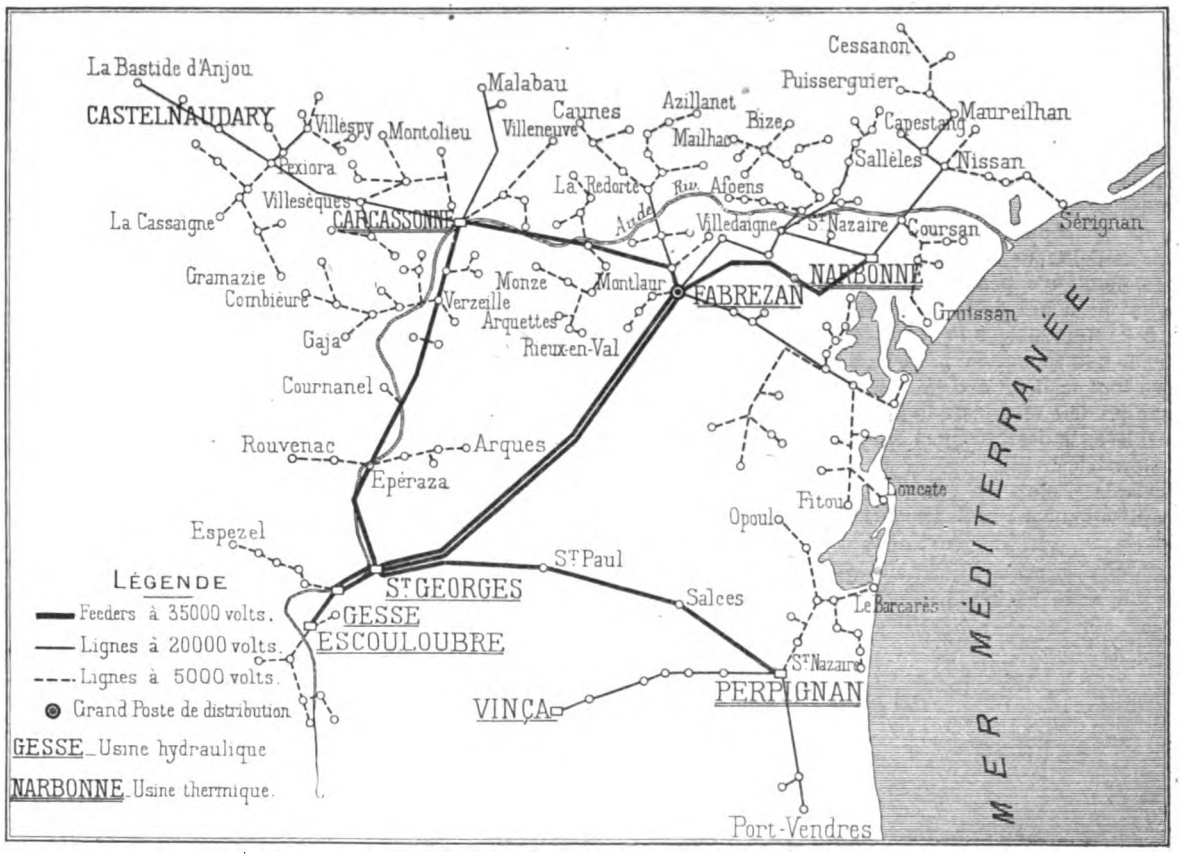
A cette époque, on ne connaissait guère en Europe que la transmission d'énergie de Paderno à Milan, qui fonctionnait depuis 1896 à la tension de 16 000 volts.

Entreprendre d'un seul coup la transmission et la distribution en détail, dans une centaine de communes du département de l'Aude, de plusieurs milliers de kilowatts à la tension de 20 000 volts, était à cette époque un projet d'une telle audace que les constructeurs les plus réputés ne purent en garantir le succès.

Le plan primitif qui prévoyait aussi l'alimentation de villes assez importantes, comme Carcassonne et Narbonne s'est cependant réalisé entièrement, comme il était prévu. Actuellement, le Réseau de la Société méridionale de Transport de Force s'étend dans le rectangle formé par un parallèle allant de Béziers à Castelnaudary (130 km), la mer depuis Béziers jusqu'à Perpignan et le Méridien passant par Castelnaudary. Au Sud, le Réseau de la Société Hydro-Electrique roussillonnaise, filiale de la Société méridionale de Transport de Force, prolonge les lignes de cette dernière jusqu'à la frontière d'Espagne.

La longueur des lignes à haute tension, 40 000, 20 000, 9 000 et 5 000 volts dépasse 1 350 km.

La puissance fournie n'est pas aussi élevée que le développement du Réseau le ferait supposer, car la région est surtout agricole et fort peu industrielle.



Plan du réseau de la Société méridionale de Transport de Force.

Cette puissance est environ 16 000 kw. Elle est fournie principalement par les trois Usines hydroélectriques de Saint-Georges (1899), Gesse (1914), Escouloubre (1921), toutes les trois sur l'Aude.

Saint-Georges, la plus ancienne, fournit seulement 2 600 kw. La chute brute est de 100 m.

Le barrage situé à Gesse peut constituer une retenue de 10 000 m³, un canal souterrain de 6 km de long pouvant débiter 4 m³ par seconde aboutit à la chambre d'eau située près du site pittoresque des gorges de Saint-Georges. Deux

Digitized by Google

conduites forcées de 1 m de diamètre bifurquées à leur entrée de l'Usine aboutissent à 4 roues Pelton identiques. Les alternateurs sont du type à fer tournant d'une stabilité remarquable.

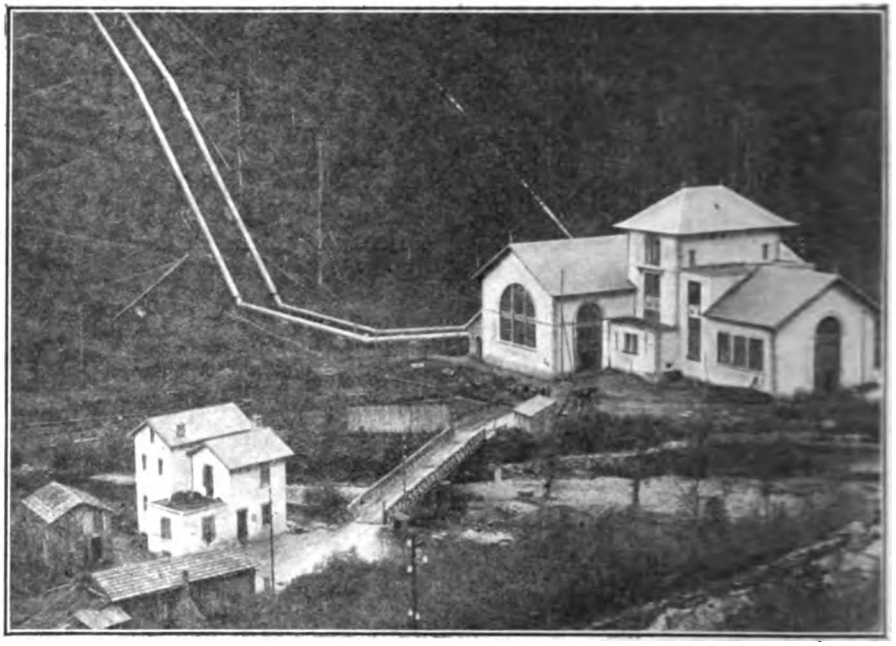
Les transformateurs-élévateurs primitifs 2 800/20 000 volts isolés à l'air libre sont monophasés, groupés en étoile.

L'Usine de Gesse établie juste au-dessus du barrage de prise d'eau de l'Usine de Saint-Georges peut fournir 6 500 kv-a.

Le barrage de cette Usine, 1 560 m en aval des Bains d'Usson, constitue une retenue de 30 000 m³. Le canal d'amenée long de 8 km est souterrain et peut débiter 4 m³2 s. La chute brute est de 190 m.

4 turbines, 2 doubles et 2 simples se partagent le débit de 2 conduites forcées égales de 1 m de diamètre.

Les transformateurs-élévateurs 2 800/35 000 volts sont au nombre de 4 identiques de 2 000 kv-a chacun.



Vue de l'Usine de Gesse.

En amont de cette Usine, à 13 km environ, a été commencée, en 1917, l'Usine d'Escouloubre qui utilise les eaux d'un canal d'arrosage désaffecté pendant la guerre. Elle a été mise en marche au début de l'année 1921. Les eaux du canal déviées dans un souterrain de 4 km de longueur sont amenées par une conduite à la turbine unique de 3 500 kv-a qui utilise tout le débit actuel. Dès l'achèvement du canal souterrain qui doit remplacer la partie du canal d'arrosage encore utilisée, le débit et, par suite, la puissance pourront être doublés.

D'importants projets de constructions d'Usines sont en voie de réalisation dans la Haute-Vallée de l'Aude et permettront de doubler et au-delà la puissance actuelle des Usines hydrauliques de la Société méridionale de Transport de Force.

Des Usines thermiques de secours sont installées à Carcassonne, Narbonne et Perpignan pour les périodes de basses eaux.

A Carcassonne, un turbo-alternateur Brown-Boveri de 2 000 kv-a et une machine à vapeur de 300 kw.

A Narbonne, des machines alternatives Weyher et Richemond représentant une puissance de 800 kv-a.

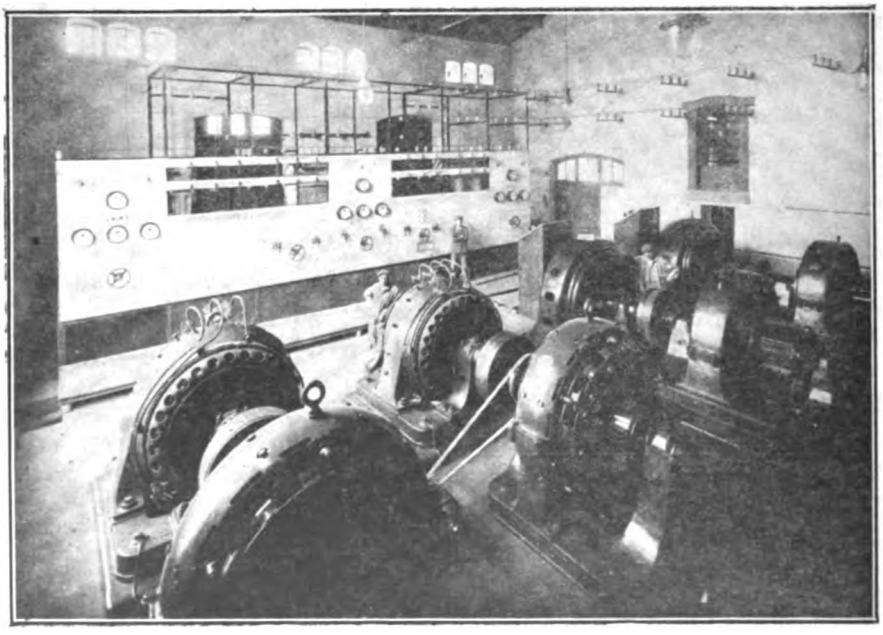
A Perpignan, un turbo-alternateur de 1 250 kv-a et une machine Dujardin de 500 kv-a.

Dans ces trois villes, sont également des stations transformant en courant continu le courant alternatif reçu des Usines hydrauliques.

Enfin, l'Usine de Vinca sur la Tet fournit 1 800 kv-a au réseau de la Société Hydro-Electrique roussillonnaise.

Le réseau de distribution comporte 4 feeders de 70 km de long, à 35 000 volts (tension à l'arrivée) ; 2 de ces feeders sont parallèles.

L'énergie distribuée par la Société méridionale de Transport de Force est utilisée avec un rendement financier maximum malgré la modicité des tarifs, grâce au développement de la vente à forfait avec limiteur, et à la limitation d'utilisation de la force motrice aux heures de pointe. Le nombre des abonnés atteint 50 000 et les recettes totales, y compris les filiales, dépassent 9 millions de francs pour un capital de 45 millions de francs environ.



Usine de Carcassonne. Salle des convertisseurs.

Digitized by Google

Vue de l'Usine de Saint-Georges sur l'Aude.

Digitized by Google

Compagnie Parisienne de Distribution d'Electricité

Société anonyme au Capital de 100 Millions de francs

Siège social : 23, Rue de Vienne, 23 — PARIS (VIIIe)

La Compagnie parisienne de Distribution d'Electricité (C. P. D. E.) assure la distribution aux particuliers de l'énergie électrique dans Paris, en vertu d'une convention passée en 1907 avec la Ville, convention qui l'a substituée aux 6 secteurs qui distribuaient le courant depuis 1888.

Au moment où les autorisations primitives avaient été accordées aux secteurs, la technique de la production et de la distribution en était encore à sa période d'essai et, en raison des situations spéciales des régions à desservir et de la position des usines, chacune des sociétés avait adopté des modes de production et de distribution différents; c'est ainsi que les secteurs Edison, Clichy, Eclairage et Force et Air comprimé, qui distribuaient l'énergie électrique dans le centre de Paris sur un périmètre peu étendu, avaient choisi le courant continu avec une distribution à 3 ou 5 fils, tandis que les secteurs des Champs-Elysées et de la Rive gauche, établis postérieurement aux précédents et qui avaient à desservir une zone beaucoup plus grande, avaient adopté la distribution par courant alternatif à 3 000 volts, réduits à 110 volts au moyen de transformateurs d'immeubles.

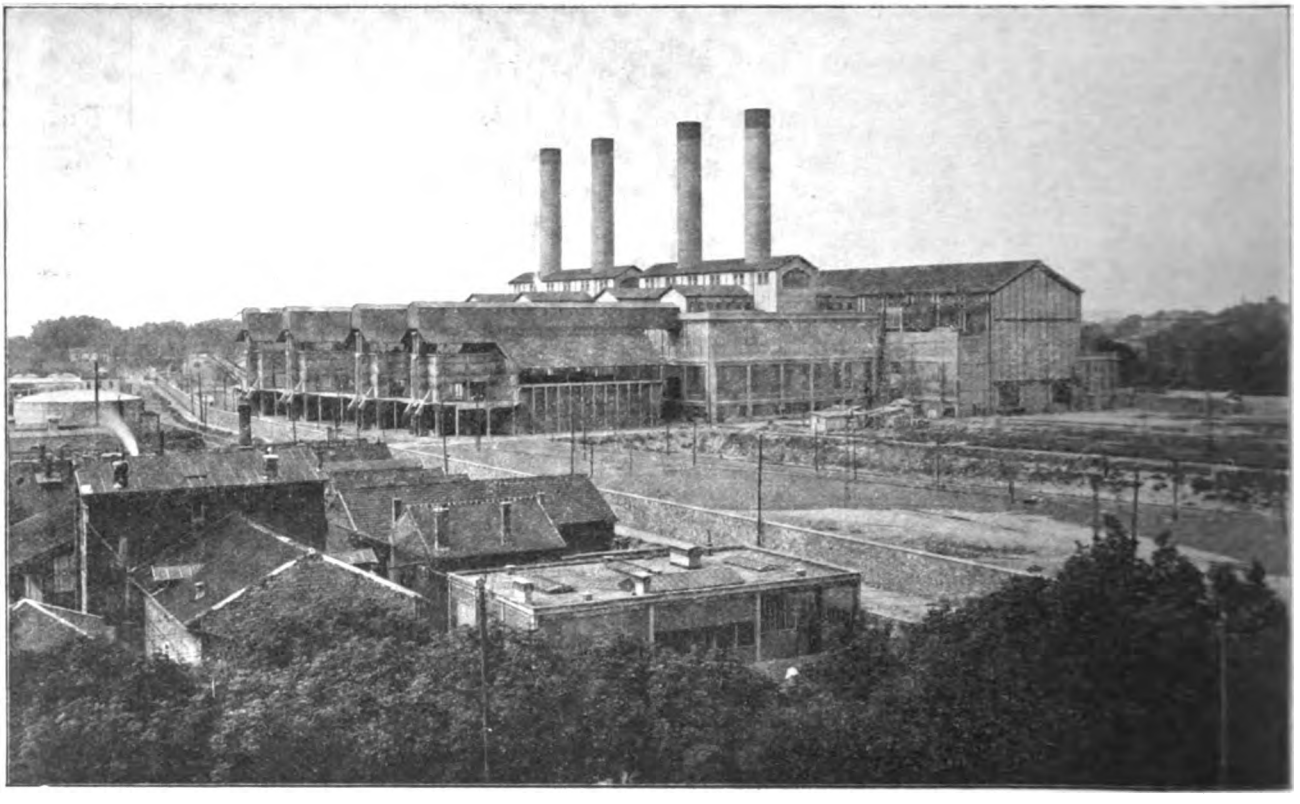


Fig. 1. — Vue générale de l'Usine de Saint-Ouen

En raison à la fois des dépenses considérables et de la perturbation dans le service des abonnés qu'aurait entraînée l'adoption d'un système de distribution unique, on dut se résoudre en 1907 à conserver les systèmes de distribution en usage, mais on réalisa l'unification dans la production en supprimant les usines des anciens secteurs. Le type de courant adopté par les usines centrales nouvelles qui devaient être construites par la « C. P. D. E. » fut le courant alternatif diphasé à 12 000 volts, 42 périodes par seconde qui devait être transformé, suivant les zones, en courant continu ou en courant alternatif monophasé à 3 000 volts par des sous-stations établies sur différents points de Paris. En outre, on créa une zone nouvelle desservie en alternatif diphasé dans les quartiers de Paris qui, se trouvant en dehors des concessions des secteurs, n'étaient pas encore canalisés.

La convention de 1907 avait fixé à 50 000 kw la puissance utile des deux usines. En prévision de l'avenir, la C. P. D. E. sans se limiter à ce chiffre, construisit, à Saint-Ouen et à Issy-les-Moulineaux, deux grandes centrales qui ont été mises en service au début de 1914 et dont la puissance ac-

Digitized by Google

tallée représentait, dès cette époque, 110 000 kw. Rappelons qu'elles sont équipées en unités turbo-alternateurs d'une puissance de 10 000 kw chacune. La production de la vapeur comporte des foyers à grille mécanique et des générateurs dont chaque unité vaporise de 10 000 à 14 000 kg de vapeur à l'heure à une pression de 16 kg : cm² et pour une surchauffe de 350° C; le service des combustibles est entièrement mécanique.

Ces usines, mises en route quelques mois avant la déclaration de guerre, disposaient d'une puissance presque double de la puissance nécessaire à ce moment. Elles ont permis de faire face au développement de la force motrice dont la consommation en énergie électrique est passée pendant la guerre de 20 946 155 kw-h par an en 1914 à 105 637 243 kw-h en 1920.

Malheureusement, il n'a pas été possible de réaliser parallèlement, pendant la guerre, les extensions correspondantes

Cette augmentation de puissance sera répartie par moitié entre les deux centrales de Saint-Ouen et d'Issy-les-Moulineaux. Elle se fera au moyen de groupes turbo-alternateurs de 30 000-35 000 kw chacun. Ces groupes seront alimentés par des chaudières de 2 100 m² de surface de chauffe, capables de produire chacune, par heure, 60 000 à 80 000 kg de vapeur et munies des derniers perfectionnements.

Parallèlement à ce développement de la puissance des usines, « la C. P. D. E. » poursuit l'augmentation des sous-stations existantes. Une nouvelle sous-station est établie sur la rive gauche pour une puissance de 15 000 kw et de nouveaux groupes transformateurs du type de 3 000 kw, double de la puissance jusqu'ici adoptée, sont installés dans les sous-stations à courant continu.

Sans attendre l'achèvement prévu pour fin 1922 de ce programme déjà très important, de nouvelles extensions sont déjà en cours de réalisation pour augmenter d'environ

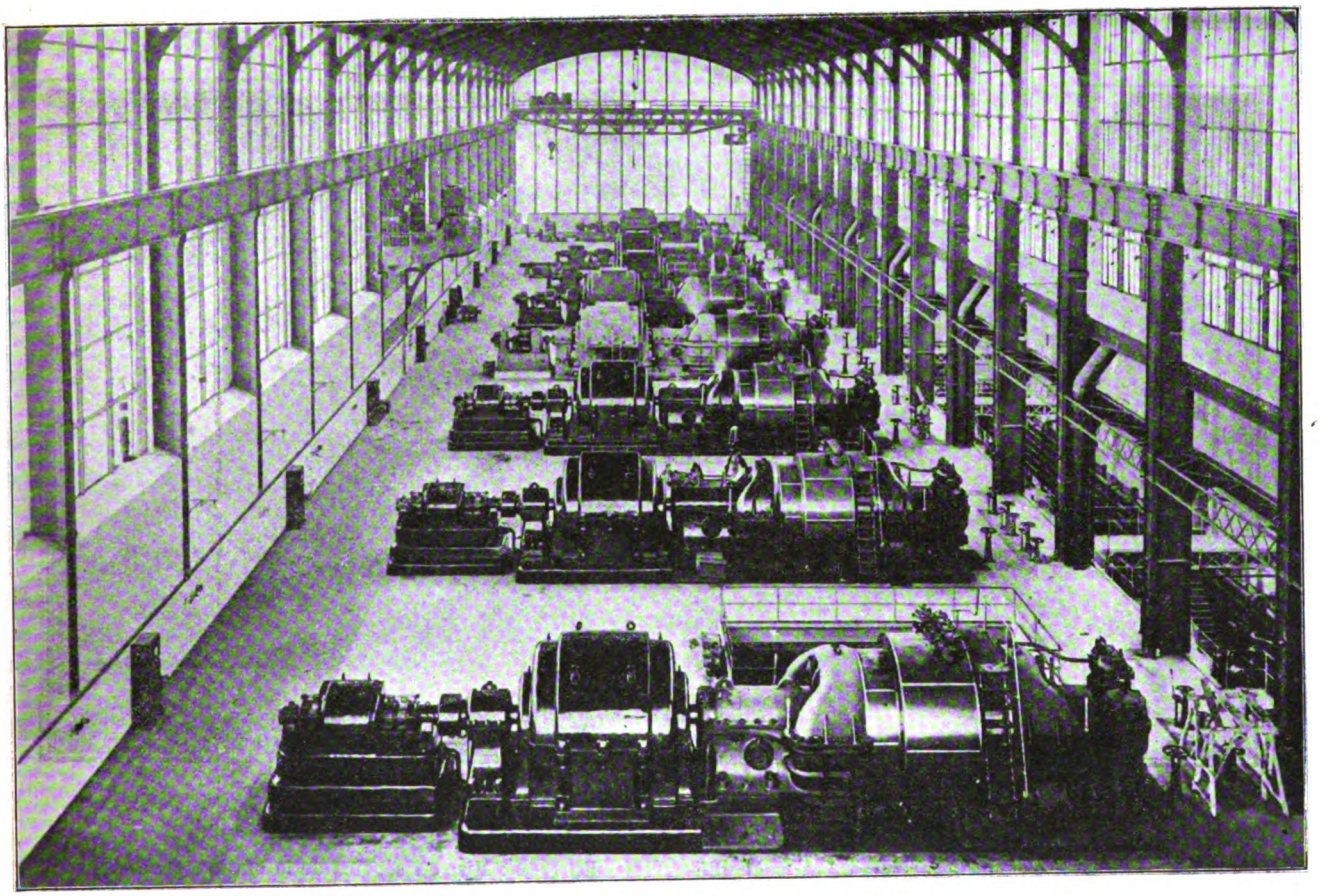


Fig. 2. — Vue de la salle des machines de l'Usine de Saint-Ouen

des usines et du réseau. Les ateliers de constructions du matériel électrique se trouvaient partie dans les pays envahis, partie transformés pour produire le matériel de guerre. Aussi, au moment de l'armistice, la situation se trouvait-elle critique et les difficultés ont-elles subsisté jusqu'ici malgré la commande d'un groupe turbo-alternateur supplémentaire de 10 000 kw, commandé en 1919, mais qui n'a été livré qu'en 1921. Des retards analogues se sont produits dans les livraisons de matériel de toute sorte, notamment pour les sous-stations et pour les câbles destinés aux canalisations nouvelles et n'ont pas permis d'améliorer plus rapidement la situation. Il n'en sera plus ainsi dans un avenir prochain. La « C. P. D. E. » achève, en effet, actuellement l'exécution d'un premier programme d'extension de ses usines, dont la puissance installée sera doublée et portée à 240 000 kw.

160 00 kw, la puissance de l'usine de Saint Ouen et pour créer onze sous-stations nouvelles dans Paris. En même temps, ce dernier programme réalisera l'unification de la fréquence au type normal de 50 p : s.

Lorsque, très prochainement, les programmes présentés auront été achevés, la puissance installée dans les usines de la « C. P. D. E. » atteindra 350 000 kw.

Les chiffres ci-dessous font ressortir le développement considérable de la consommation d'électricité des particuliers dans Paris :

Le nombre d'abonnés en service qui était de 132 620 en 1914 est fin 1921, de 276 000. Il a donc doublé en 7 ans. La consommation de courant qui était de 76 000 000 kw-h. en 1911, s'est élevée à 202 000 000 kw-h en 1921.

Digitized by Google

Société Générale de Force et Lumière

Société anonyme au Capital de 50 Millions de francs.

GRENOBLE — 37, rue Diderot — GRENOBLE

La Société générale de Force et Lumière, fondée le 10 juin 1899 et dont le siège social est à Grenoble, 37, rue Diderot, assure la distribution de l'énergie électrique :
Dans l Isère :

Dans la plus grande partie du département, et particulièrement aux environs de Grenoble et dans la région de Bourgoin, la Tuor-du-Pin, et Vienne.
Dans la Drôme et l'Ardèche :

Dans les régions de Saint-Rambert-d'Albon et d'Annonay.
Dans la Loire :

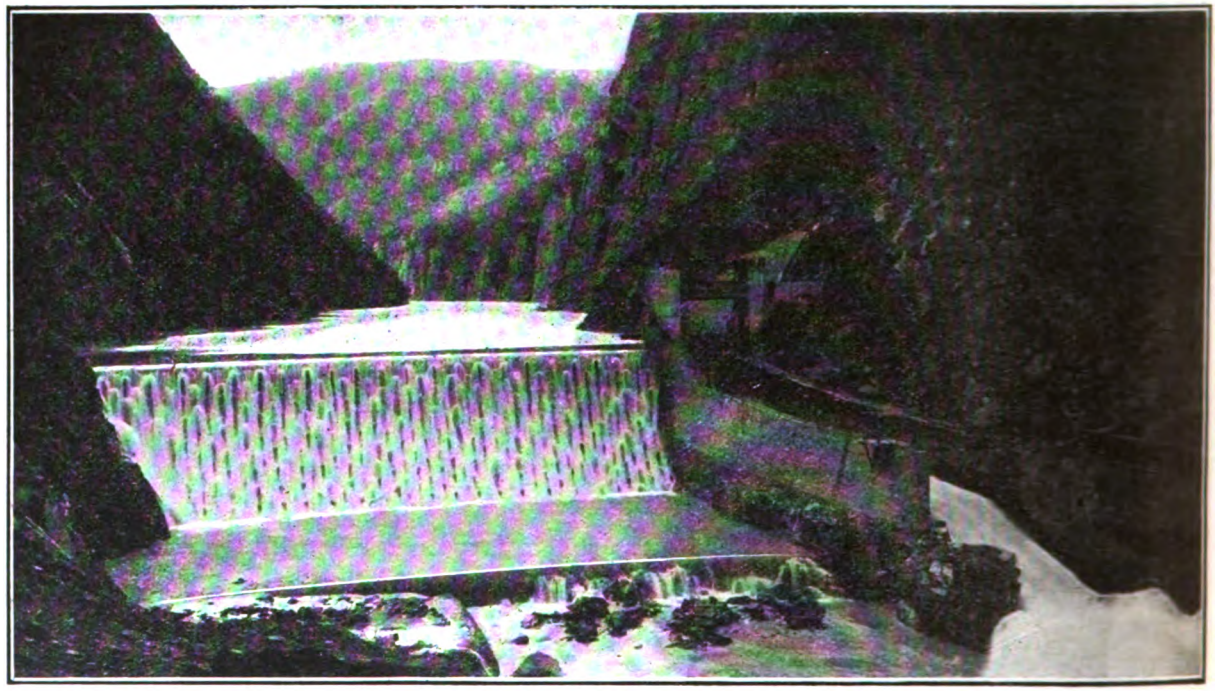
Dans la région de Bourg-Argental, Rive-de-Gier et Grand'Croix.
Dans le Rhône :

A Lyon et environs et dans la région de Givors.
Dans la Savoie :

Dans la région de Pont-de-Beauvoisin et des Echelles.
Dans l'Ain :

Dans la région de Sault-Brénaz, Meximieux et Ambérieu.
La longueur de ses lignes de transmission et de distribution est actuellement de plus de 2 000 km, en y comprenant celles de ses principales Sociétés filiales : la Société d'Energie électrique de Grenoble et Voiron, la Société hydroélectrique du Guiers

Les moyens de production de la Société générale de Force et Lumière se sont développés progressivement avec les besoins de sa clientèle.
C'est ainsi qu'on peut noter :



Barrage d'Avignonnet

En 1902 : Mise en service de la station génératrice d'Avignon et sur le Drac.
En 1906 : Mise en service de la station génératrice de Gavet sur la Romanche.
En 1906 : Utilisation de l'énergie de la station génératrice de la Plombière près Moutiers (Société La Volta lyonnaise sur l'Isère.
En 1907 : Raccordement du réseau de la Société générale de Force et Lumière avec la station génératrice de Bellegarde, de la Société française des Forces hydrauliques du Rhône.
En 1909 : Mise en service de l'usine à vapeur d'Oullins.
En 1910 : Raccordement du réseau de la Société avec la station génératrice d'Allemont, de la Société hydroélectrique de l'Eau d'Olle.
En 1911 : Mise en service de la station génératrice de la Bridoire, de la Société hydroélectrique de la Bridoire Toute l'énergie de cette usine est réservée à la Société générale de Force et Lumière.

Digitized by Google

En 1912 : Mise en service de la station génératrice de Bozel (Savoie).

En 1917 : Mise en service du moteur Diesel de 4 000 ch, installé au Sardon, près Rive-de-Gier, sur la commune de Saint-Genis-Terrenoire.

En 1918 : Mise en service de la station génératrice de Fond-de-France, commune de la Ferrière d'Allevard. Cette usine est alimentée par les lacs de la montagne des Sept-Laux; ces lacs sont aménagés de façon à régulariser le débit du torrent du Bréda.

En 1920 : Mise en service de l'usine d'Eloise à Bellegarde sur le Rhône.

La puissance ainsi installée pour le service de la Société générale de Force et Lumière, puissance d'environ 64 000 kw, est répartie sur ses réseaux de distribution de façon à assurer à son exploitation les meilleures garanties de bon fonctionnement.

Les sources d'énergie qu'utilise la Société peuvent ainsi se classer en 3 catégories :

1°) Les stations génératrices hydroélectriques produisant du *courant continu série*. Ce sont les usines de Moutiers et Bozel, en Savoie, et Fond-de-France, dans l'Isère, branchées en série sur une même ligne à courant continu de 220 km de longueur, fonctionnant sous une tension variable de 0 à 100 000 volts. Ce groupe d'usines représente une puissance d'environ 20 000 ch.

2°) Les stations génératrices hydroélectriques produisant du *courant alternatif triphasé* à 50 p : s. Ce sont les usines d'Avignonnet, de la Bridoire, de Gavet, d'Allemont et les deux usines de Bellegarde, qui fournissent du courant à 45 000 volts, sur un réseau primaire d'environ 1 000 km de développement. Ce deuxième groupe d'usines correspond à une puissance d'envion 40 000 ch.

3°) Une usine centrale à vapeur produisant du courant triphasé à 10 000 volts, à Oullins, près Lyon;

Un moteur Diesel de 4 000 ch au Sardon près Rive-de-Gier (Loire) produisant également du courant triphasé à 10 000 volts.

En principe, l'énergie courant continu série est destinée à Lyon, et l'énergie courant triphasé est destinée à la distribution dans les départements de l'Isère, de l'Ain, du Rhône, de la Drôme, de l'Ardèche et de la Loire.

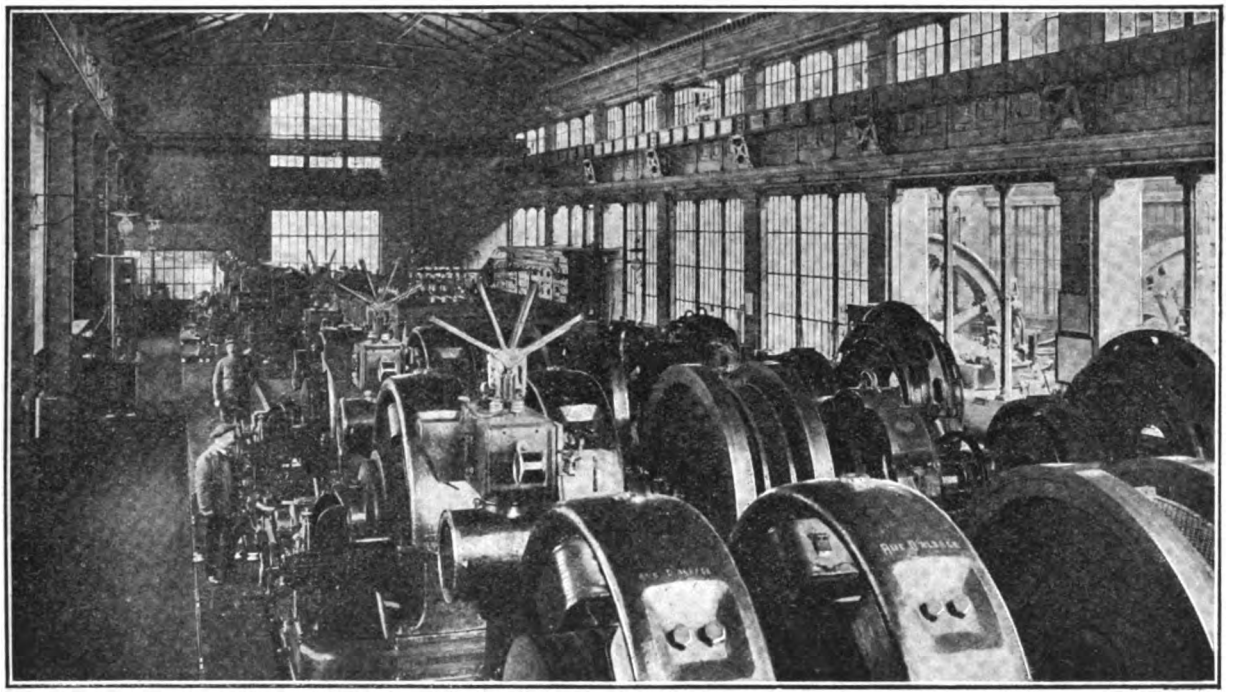
La station de Vaulx-en-Velin est chargée d'établir la liaison de ces diverses sources d'énergie par le moyen de groupes de transformation continu-alternatif, réversibles.

Le courant triphasé 10 000 volts provenant des usines d'Oullins et du Sardon vient de même s'accoupler au secondaire des deux réseaux principaux.

La Société générale de Force et Lumière dessert des abonnés de toute puissance et de toute catégorie, depuis le petit moteur du passementier ou du tisseur à domicile jusqu'aux services publics de première importance comme : le Chemin de fer de Saint-Georges-de-Commiers à la Mure, la Compagnie des Omnibus et Tramways de Lyon, le Service du pompage des eaux de la ville de Lyon.

En outre, elle distribue de l'éclairage dans plus de 200 communes.

Les recettes de la Société générale de Force et Lumière ont suivi le développement de ses installations et sont mises en évidence dans le tableau suivant :



Sous-station de la Compagnie des Omnibus et Tramways de Lyon.

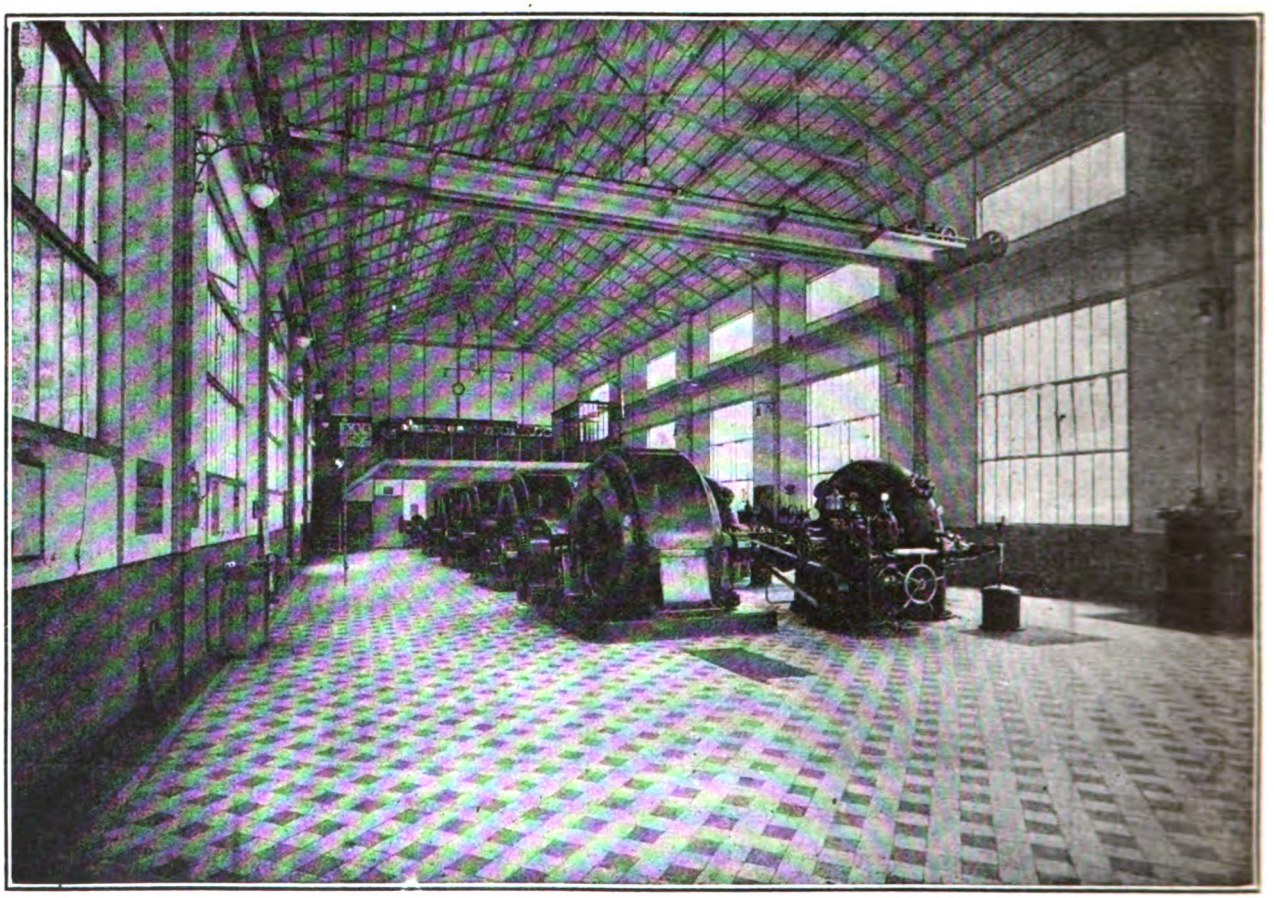
Exercice	1902	Fr.	42 734,15
—	1903	»	135 996,60
—	1904-1905 (18 mois)	»	507 261,00
—	1905-1906	»	531 437,35
—	1906-1907	»	1 149 524,60
—	1907-1908	»	1 586 073,66
—	1908-1909	»	1 910 059,04
—	1909-1910	»	2 669 374,97
—	1910-1911	»	3 051 239,02
—	1911-1912	»	3 561 270,20
—	1912-1913	»	3 861 684,45
—	1913-1914	»	4 485 002,24
—	1914-1915	»	3 681 890,75
—	1915-1916	»	5 794 247,54
—	1916-1917	»	8 332 226,65
—	1917-1918	»	9 718 334,32
—	1918-1919	»	9 829 552,62
—	1919-1920	»	11 553 915,00
—	1920-1921	»	17 638 561,96

Digitized by Google

COMPAGNIE ÉLECTRIQUE DE LA LOIRE ET DU CENTRE

SOCIÉTÉ ANONYME AU CAPITAL DE 60 000 000 FRANCS

Siège social : 4, Rue d'Aguesseau, 4 — PARIS (VIIIe)



Usine de l'Ance du Nord

La Compagnie électrique de la Loire et du Centre a été constituée en 1912 par la fusion de la Société l'Energie électrique du Centre avec la Compagnie électrique de la Loire. Elle a pour objet la production et la distribution de l'énergie électrique et alimente les trois régions industrielles de Saint-Etienne, Roanne et Montluçon.

Cette Société exploite cinq usines hydrauliques situées dans le Massif-Central sur la Loire ou ses affluents, d'une puissance totale de 36 000 chevaux; il convient de citer, tout particulièrement, l'usine de Teillet-Argenty et l'usine de l'Ance du Nord. La première, située sur le Cher à 12 km de Montluçon, comprend un barrage régulateur de 45 m de haut créant une réserve pouvant atteindre 26 000 000 mètres cubes les conduites forcées de 400 m de longueur alimentent 4 turbines dont la puissance totale est de 10 500 chevaux. La chute de l'Ance du Nord, située dans la Haute-Loire, a été mise en service en 1917; elle comprend 3 turbines de 3 700 chevaux fonctionnant sous 144 m de chute.

En outre, la Compagnie s'est assuré, par contrat, une partie de la production d'usines hydrauliques situées

Digitized by Google

dans les Alpes et appartenant à des Sociétés diverses (Société d'Eclairage et de Force motrice de la Ville de Grenoble, usines de Rioupéroux, Société hydroélectrique de l'Eau d'Olle). La puissance hydraulique mise ainsi à la disposition de la Compagnie et pouvant atteindre 18 000 chevaux est transmise ensuite de Grenoble jusqu'à Saint-Etienne à la tension de 60 000 volts par une ligne de 117 km de longueur, construite par la Société anonyme des Lignes électriques qui la cède à la Compagnie à bail avec droit de rachat. Cette liaison permet au secteur de Saint-Etienne d'utiliser rationnellement l'énergie de bassins hydrauliques de régimes différents et presque complémentaires, les rivières des Alpes ayant leurs hautes eaux en été au moment où les rivières du Massif-Central sont en basses eaux. Cette heureuse compensation a pour effet de réduire au minimum l'appoint thermique nécessaire pour régulariser le courant hydraulique.

Néanmoins, cette Compagnie possède, dans chacune des régions desservies, des réserves thermiques importantes (5 usines d'une puissance totale de 41 000 chevaux); la principale comme équipement, celle de Montaud, située à Saint-Etienne, d'une puissance installée de 26 500 chevaux, comprend notamment deux groupes modernes Brown-Boveri-Parsons de 9 000 chevaux dont le dernier a été mis en service en 1919; elle est dotée, en particulier, d'une chaufferie dernier modèle avec 6 chaudières Babcock type marine, de 354 m², pourvues de surchauffeurs et d'économiseurs. En outre, la Compagnie a passé diverses ententes pour échange d'énergie avec les Compagnies minières des régions qu'elle alimente.

De plus, pour satisfaire aux besoins toujours croissants de sa clientèle, cette Société a entrepris, dans la Haute-Loire, l'aménagement de deux chutes, l'une de 192 m située sur l'Ance du Sud, l'autre de 50 m sur l'Allier. Ces deux chutes alimenteront, chacune, deux groupes de 7 000 chevaux qui seront tous les quatre dans la même usine et seront susceptibles de donner, en période normale, 60 000 000 kilowatts-heure.

La Compagnie électrique de la Loire et du Centre s'est entendue, en outre, avec la Compagnie des Forges et Aciéries de la Marine et d'Homécourt pour l'aménagement de la Basse-Isère, dans le but d'utiliser la chute de Beaumont-Monteux dont le courant est transmis à Saint-Etienne par une ligne à 120 000 volts; par ce moyen, la Société dispose de 19 000 chevaux (50 000 000 kilowatts-heure annuels).

Au point de vue exploitation, la Compagnie est divisée en trois secteurs autonomes, les secteurs de Saint-Etienne, de Roanne et de Montluçon; les deux premiers sont reliés entre eux par une ligne à 30 000 volts qui permet au secteur roannais d'utiliser les excédents hydrauliques en provenance des Alpes, tout en permettant des échanges d'énergie thermique. De plus, la Société de Transports d'Energie du Centre dans laquelle la Compagnie a des intérêts vient de demander la concession d'une ligne à 120 000 volts qui reliera entre eux les trois secteurs et permettra une meilleure utilisation des excédents produits par les usines de la Compagnie et un secours efficace en cas de défaillance des moyens de production.

La distribution, qui s'étend sur 7 départements (Loire, Haute-Loire, Rhône, Allier, Creuse, Cher et Puy-de-Dôme), a nécessité la création d'un important réseau haute tension et basse tension qui, à l'heure actuelle, a plus de 1 600 km. La distribution n'a cessé de se développer depuis la création de la Société comme le montre le tableau ci-après :

EXERCICES	NOMBRE D'ABONNÉS	ÉCLAIRAGE Nombre de lampes réduites en unités de 35 watts	FORCE MOTRICE Puissance raccordée en chevaux	ÉNERGIE PRODUITE en kilowatts-heure
1912-1913	16 048	88 401	28 204	77 500 000
1920-1921	44 036	246 809	63 396	149 127 206

La Société, concessionnaire d'un grand nombre de communes et, en particulier, de Saint-Etienne, Roanne et Firminy, fournit du courant à presque toutes les grandes industries de l'Etat ou privées qui sont dans les régions qu'elle dessert (métallurgie, mines, tissages, etc...); parmi les principaux abonnés, on peut citer: la Manufacture d'Armes de Saint-Etienne, la Compagnie des Forges et Aciéries de la Marine et d'Homécourt, la Société des Fonderies, Forges et Aciéries de Saint-Etienne, les Etablissements Jacob Holtzer, les Compagnies des Forges de Châtillon-Commentry, la Manufacture des Glaces et Produits chimiques de Saint-Gobain (Montluçon), les Papeteries Navarre, la Société Dunlop. Elle alimente, en énergie, des Sociétés de transport en commun telles que la Compagnie des Tramways de Saint-Etienne, les Chemins de fer à Voie étroite de Saint-Etienne, Firminy, Rive-de-Gier, les tramways de Roanne. Enfin, elle vend en gros le courant à d'importantes Sociétés de distribution comme l'Energie industrielle, Lumière et Energie, la Compagnie générale française et continentale d'Eclairage (Moulins), les Compagnies réunies du Gaz et de l'Electricité, la Compagnie électrique du Bourbonnais, la Société d'Electricité de Saint-Chamond. A côté de la grosse industrie, la Compagnie dessert un très grand nombre de petits ateliers parmi lesquels figurent les tissages à domicile qui représentent plus de 12 000 métiers à rubans.

Digitized by Google

LA HOUVE

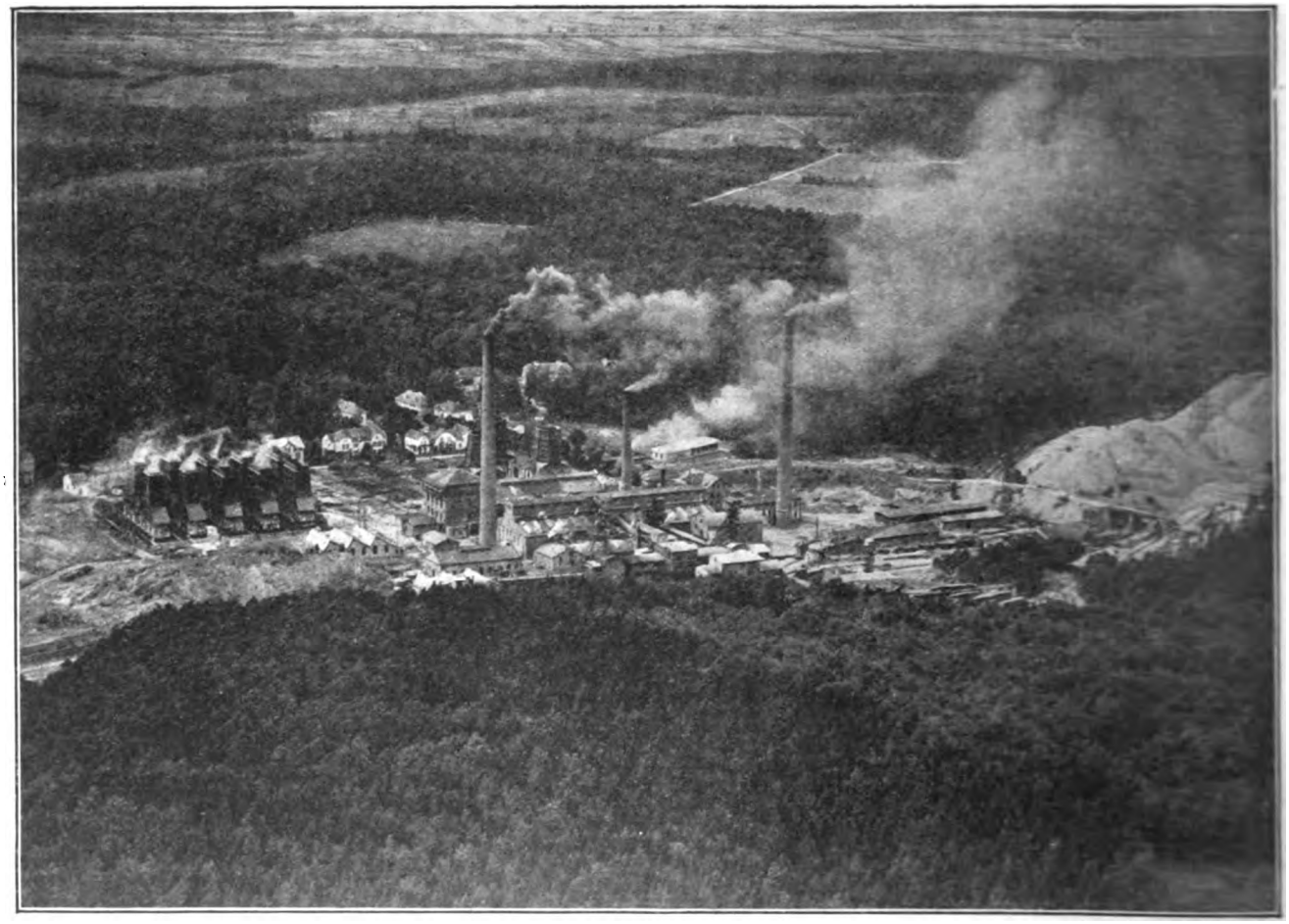
Société anonyme de Mines et d'Électricité

Capital : 16 000 000 francs

Siège social : 2, Allée de la Robertsau, STRASBOURG

I. **Historique**. — La Société de « La Houve » ne fut pas, à son origine, une société d'électricité; ce fut, en effet, pour exploiter, en prolongement du bassin de la Sarre, une concession accordée dès 1856, qu'elle fut fondée en 1895.

Les avantages bien connus de la situation d'une usine génératrice à la source même de la production du combustible engagèrent la Société à transformer complètement, dans le courant de 1911, la petite centrale de 800 kilo-



Cliché C. A. F.

Fig. 1. — Vue de la Centrale électrique de la Société La Houve

Le développement des besoins en énergie électrique de la Lorraine, et principalement de son industrie métallurgique, les possibilités que vinrent offrir les transmissions à haute tension, amenèrent la Société à modifier profondément, au début du vingtième siècle, sa première formule d'exploitation, et à s'intéresser de plus en plus largement à la production et à la distribution de l'électricité.

watts, établie en 1902, pour les besoins de la Mine en une puissante installation destinée à fournir du courant à 65 000 volts. Parallèlement, elle établissait un réseau de distribution qui, partant de cette centrale, s'étendait, à l'Ouest, jusqu'au bassin de Briey, et à l'Est, jusqu'à l'Alsace; en 1914, 10 000 kilowatts étaient déjà installés, un réseau d'un développement total de 480 kilomètres était

Digitized by Google

en exploitation et l'on pouvait espérer une progression normale de celle-ci.

La guerre devait jeter une profonde perturbation dans la marche de l'entreprise; parmi les multiples vexations que la Société eut à subir de l'Administration allemande, une des plus dures fut, en effet, la réquisition de la centrale par l'autorité militaire. L'exploitation menée sans aucun souci de la sécurité, causa des accidents extrêmement graves : explosion de la conduite principale de vapeur, explosion d'une turbine et arrêt de l'usine pendant plusieurs semaines. (Juin 1917).

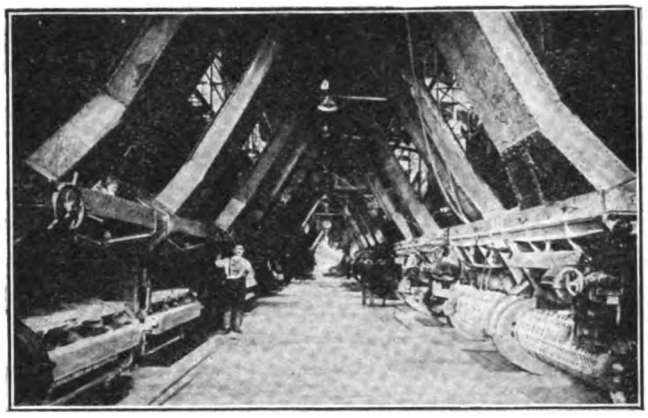


Fig 2. — Rue de chauffe de la Centrale.

II. Situation après l'armistice. — L'armistice et le retour de la Lorraine à la France permirent aux exploitations électriques de la Houve de reprendre le développement interrompu. Des améliorations considérables furent apportées au cours des années 1920 et 1921 aux installations existantes; ce furent la construction d'une installation de déchargement et mélange de charbon, celle de nouvelles chaudières Babcock à grilles soufflées, permettant l'utilisation rationnelle des poussiers de houille, le montage d'un nouveau groupe de 9 000 kilowatts, et l'augmentation de puissance des différentes sous-stations du réseau.

Le développement de l'exploitation minière de la Houve, le relèvement des usines métallurgiques du bassin de Briey, vinrent en même temps offrir de nouveaux débouchés à la production. En outre, l'établissement des lignes d'Etat Pouxeux-Delle, Vincey-La-neuveville assurait l'intercommunication de la centrale de la Houve avec les centrales hydrauliques de Suisse.

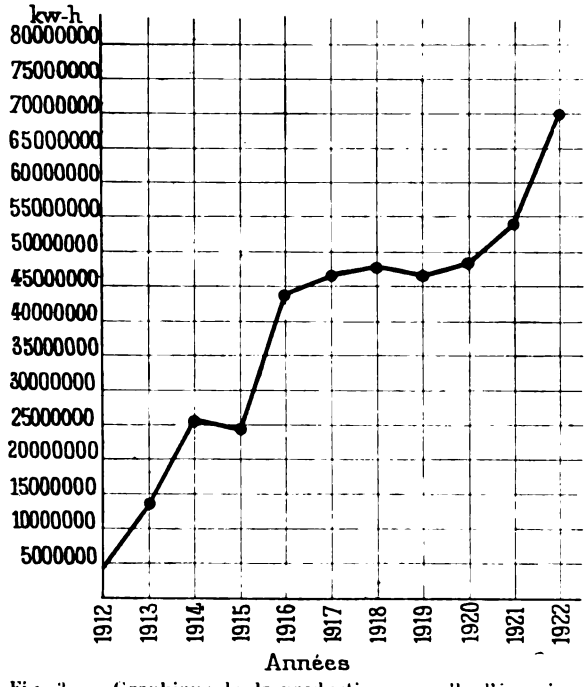


Fig. 3. — Graphique de la production annuelle d'énergie.

A l'heure actuelle, la puissance installée à la station de Creutzwald est de 25 000 kilowatts, avec une production d'énergie d'environ 6 000 000 kilowatts-heure par mois.

Outre l'alimentation générale en énergie du département de la Moselle et les fournitures partielles aux régions limitrophes (Bas-Rhin, Sarre, Luxembourg), la Houve compte une clientèle industrielle importante dans le bassin de Briey. Enfin, la construction d'une ligne à 70 000 v franchissant les Vosges, permettra des échanges importants d'énergie avec la région de Colmar et de Mulhouse.

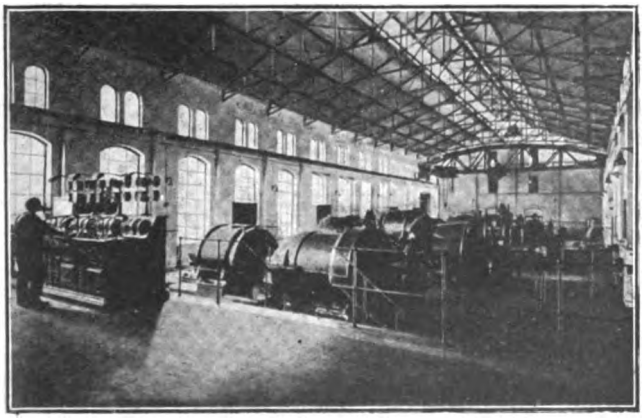


Fig. 4. — Vue de la Salle des Machines.

III. Relations avec les sociétés voisines. — Indépendamment de son exploitation propre tant houillère qu'électrique, la Houve s'est intéressée à plusieurs sociétés de distribution d'énergie électrique de la région de l'Est, et a, notamment, pris une part prépondérante dans la « Société alsacienne et lorraine d'Electricité », à laquelle elle a, au début de 1922, vendu ses réseaux à haute tension.

On voit donc l'importance de la place que s'est acquise La Houve dans la Région industrielle de Lorraine et d'Alsace, et la contribution considérable apportée par elle à l'activité et au développement des départements recouvrés.

Digitized by Google

SOCIÉTÉ ÉLECTRIQUE DU NORD-OUEST

Société anonyme au Capital de 15 000 000 francs

SIÈGE SOCIAL : 53, rue de Châteaudun, PARIS

La Société électrique du Nord-Ouest, fondée le 24 juin 1919, étend sa zone d'action sur les départements du Nord, du Pas-de-Calais, de l'Oise, de la Somme et de la Seine-Inférieure.

Elle produit, transmet, distribue l'énergie électrique, soit par elle-même, soit par l'intermédiaire de Sociétés affiliées.

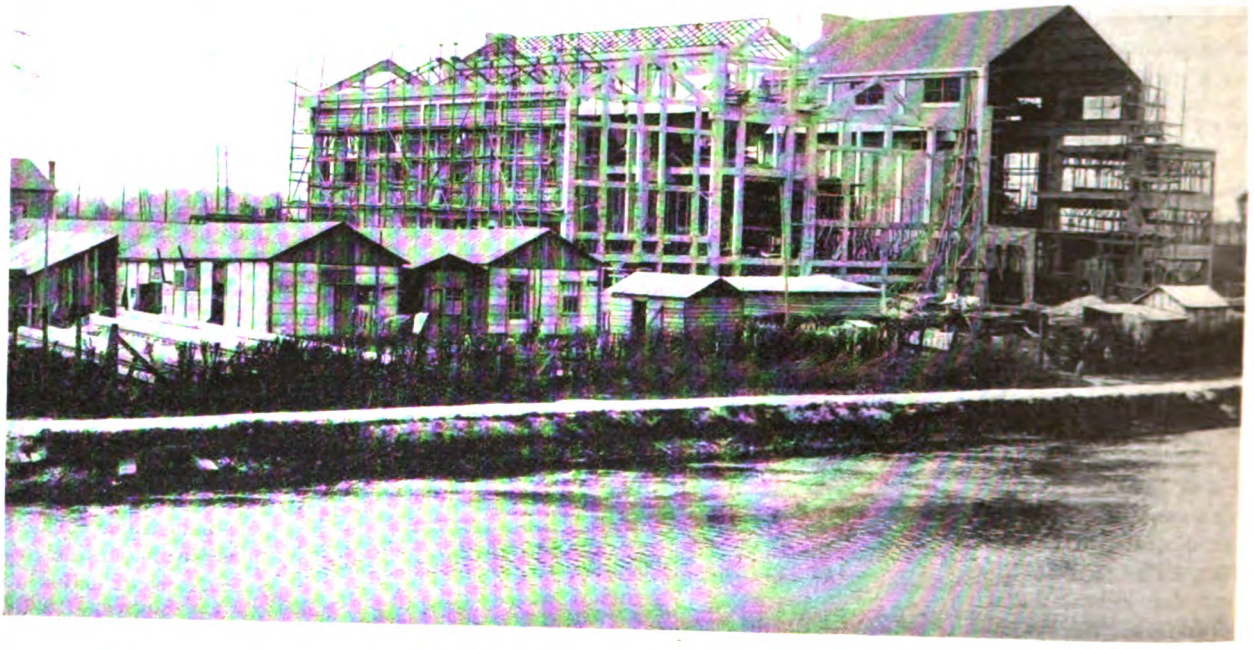


Fig. 1. — Vue de la Centrale d'Abbeville.

Son origine. — Avant guerre, les principales Sociétés d'Energie électrique existant dans la zone d'action de la Société électrique du Nord-Ouest étaient les suivantes :

La Société béthunoise d'Eclairage et d'Energie qui achetait son énergie à la centrale électrique des Mines de Bruay située à Gosnay et la distribuait dans la région de Béthune, Saint-Pol, Saint-Quentin, Hazebrouck.

La Société artésienne de Force et de Lumière qui était alimentée par la Centrale des Mines de Béthune à Bully. Son réseau de distribution desservait Arras et les environs et remontait vers Nœux; par le rachat de la Société d'Energie électrique de la Somme et de la Compagnie d'Electricité d'Amiens, par les intérêts pris dans la Société d'Electricité de Picardie, elle a étendue sa zone d'action autour d'Amiens et jusqu'à Abbeville et le Tréport.

Dès l'armistice, ces trois Sociétés d'Electricité étudièrent avec les Compagnies minières du Pas-de-Calais, productrices d'énergie électrique, un programme général d'électrification de la Région Nord-Ouest de la France. D'accord avec ces dernières, elles conçurent le projet de constituer une Société spéciale à l'effet de centraliser, en un organisme unique, des éléments qui jusqu'alors fonctionnaient isolément, d'utiliser au maximum l'énergie produite par les centrales des Mines ou des Sociétés métallurgiques de la région et de réduire le prix d'établissement des lignes de transmission. Telle fut l'origine de la Société électrique du Nord-Ouest.

Ses sources d'énergie. — Les sources de production d'énergie sont les Centrales suivantes :

Centrales n'appartenant pas à la Société électrique du Nord-Ouest, mais avec lesquelles elle a des contrats de fourniture.

Centrale de *Bully* (Compagnie des Mines de Bethune), 22 000 kw;

Centrale de *Beuvry* (Compagnie des Mines Vicoigne, Nœux et Drocourt), 32 000 kw, dont 20 000 kw actuellement installés.

Centrale de *Labuissière* (Compagnie des Mines de Bruay), 19 000 kw (actuellement installés).

Digitized by Google

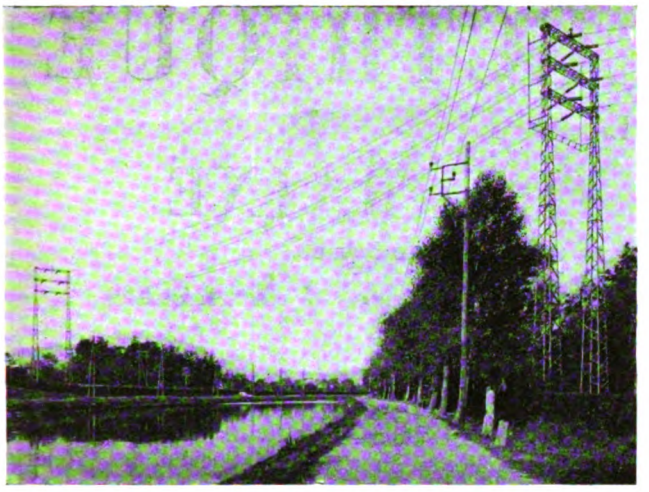


Fig. 2. — Traversée de la ligne à 110 000 v de Saint-Omer à Calais.

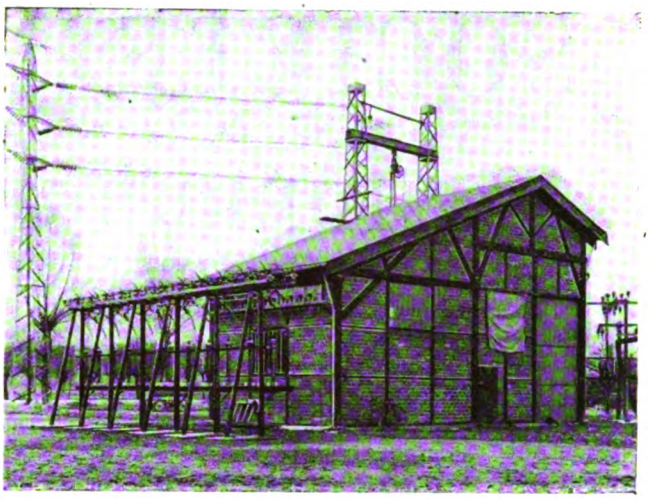


Fig. 3. — Poste provisoire de Holque à 45 000 volts.

Centrale de *Marles* (Compagnie des Mines de Marles), en projet.

Centrale d'*Isbergues* (Société des Aciéries de France), environ 17 000 kw (installés).

Centrale de *Calais* (Société des Aciéries de France), environ 2 000 kw (installés).

Centrales appartenant à la Société électrique du Nord-Ouest.

Centrale d'*Amiens*, 4 500 kw (installés).

Centrale d'*Abbeville*, 22 000 kw (installés), en construction.

Son réseau. — De ces Centrales rayonnent de grandes artères de transmission de 45 000 ou 90 000 volts dont les principales sont les lignes :

Beuvry-Gosnay, en exploitation.

Gosnay-Hazebrouck - Holque, en exploitation.

Holque-Calais, en exploitation.

Gosnay - Saint - Omer - Holque, en exploitation.

Holque-Dunkerque, en exploitation.

Calais-Boulogne, prochainement en service.

Boulogne - Montreuil-Abbeville, en construction.

Bully - Arras - Amiens, en exploitation.

Amiens-Abbeville, en construction.

Ces artères alimentent les réseaux de distribution à 5 000, 15 000 ou 26 000 volts appartenant aux sociétés de distribution fondatrices ou affiliées.

Son développement. — Les tableaux ci-joints indiquent, par semestre, du 1er juillet 1920 au 1er juillet 1922, les augmentations de longueur des lignes exploitées et les nombres de kilowatts-heure transmis ou débités par la Société. Ceux-ci ont suivi une progression continue au fur et à mesure de l'extension des grandes lignes de transmission.

Progression semestrielle au réseau.

1er juillet 1920-1er janvier 1921, 100 km.
1er janvier 1921-1er juillet 1921, 140 km.
1er juillet 1921-1er janvier 1922, 190 km.
1er janvier 1922-1er juillet 1922, 300 km.

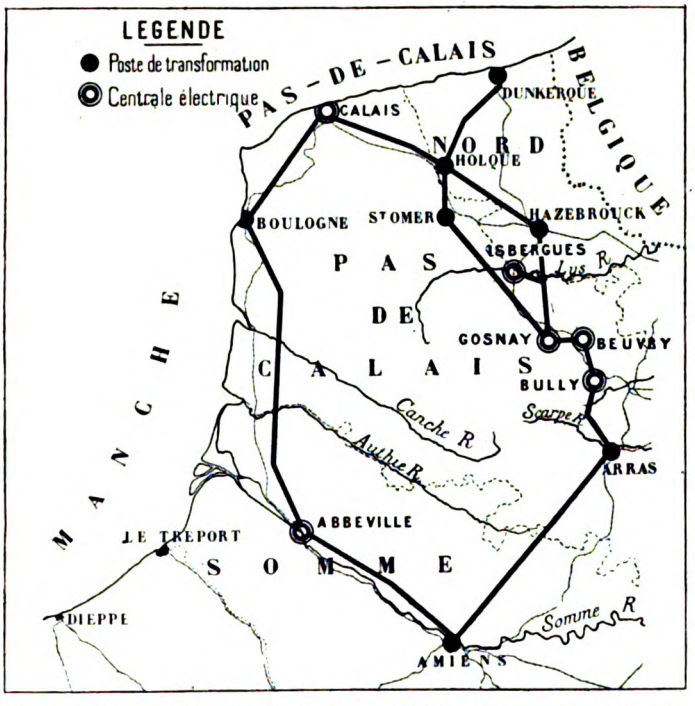


Fig. 4. — Plan du réseau à haute tension de la Société électrique du Nord-Ouest 100 000 volts et 45 000 volts.

Nombre de kilowatts-heure débités.

1er juillet 1920-1er janvier 1921, 17 354 524.

1er janvier 1921-1er juillet 1921, 19 558 183.

1er juillet 1921-1er janvier 1922, 31 433 001.

1er janvier 1922-1er juillet 1922, 45 208 652.

Si l'on tient compte des difficultés d'ordre technique, administratif ou financier, qui sont le lot inévitable de toute Société électrique nouvelle, cette progression constante est un augure très favorable pour le développement futur de la Société électrique du Nord-Ouest.

Digitized by Google

SOCIÉTÉ ÉLECTRIQUE
DE LA
SIDÉRURGIE LORRAINE

Société anonyme au Capital de 8 Millions de francs

Siège social : 5, Rue Jules-Lefèbvre – PARIS

L'utilisation aussi complète que possible de l'énergie calorifique du coke employé par l'industrie sidérurgique est un problème qui emprunte à la présente situation économique un intérêt considérable.

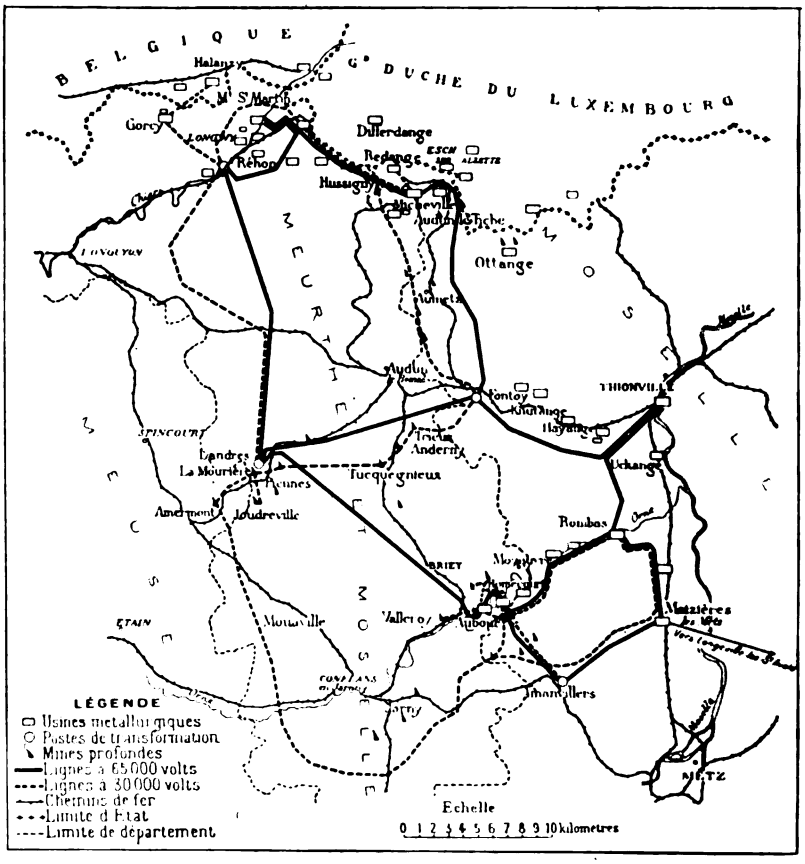
Dans l'état actuel de la technique, le gaz rendu disponible par la production d'une tonne de fonte peut fournir 360 kilowatts-heure sous forme d'énergie électrique utilisable.

Les usines métallurgiques se sont progressivement équipées pour récupérer, soit au profit de leurs installations intérieures, soit pour la vente à des tiers, l'énergie contenue dans le gaz et qui, autrefois, se perdait dans l'atmosphère.

Mais, comme on n'a pas trouvé jusqu'ici le moyen d'accumuler, d'une façon économique et pratique, les disponibilités d'énergie des gaz de hauts fourneaux, il arrive qu'une usine métallurgique, si elle ne peut pas exporter cette énergie, soit amenée à perdre une grande partie de ses gaz, faute d'utilisation au moment même de leur émission.

La liaison des centrales métallurgiques entre elles permettra donc de rendre disponible une quantité importante d'énergie.

Tel est le but que la **Société électrique de la Sidérurgie lorraine**, fondée en 1920, s'est proposé en groupant un nombre important des grands établissements métallurgivues de l'Est de la France, parmi lesquels nous pouvons citer : la Compagnie des Forges et Aciéries de la Marine et d'Homécourt, la Société des Aciéries de Micheville, la Société des Hauts Fourneaux et Fonderies de Pont-à-Mousson, la Société des Aciéries de Longwy, la Société des Usines de la Providence, les Aciéries de Rombas, etc... Le bassin lorrain contient un nombre assez grand de mines profondes qui utilisent une énergie importante et dont un grand nombre appartiennent, d'ailleurs, aux mêmes sociétés que les établissements sidérurgiques. Si nous ajoutons que ces derniers, ainsi que les mines du bassin lorrain, ont été complètement saccagés par les Allemands, on comprendra que le moment soit particulièrement bien choisi pour lier leur reconstruction à un projet d'ensemble.



Carte du Réseau de la Société électrique de la Sidérurgie lorraine.

Le réseau prévu, qui fait l'objet de demandes de concessions actuellement à l'enquête, comportera une boucle à 65 000 volts, à laquelle seront reliées directement les grosses centrales métallurgiques, et des lignes secondaires à 30 000 volts desservant les centrales de moindre importance, les mines et autres clients éventuels. Une liaison est prévue avec le réseau d'État, sans préjudice des liaisons directes qui pourraient être reconnues avantageuses avec les réseaux voisins de distribution.

La puissance globale des centrales appartenant, dès maintenant, aux adhérents du groupement de la Sidérurgie lorraine, sera de 120 000 kilowatts, lorsque ces centrales seront entièrement reconstituées.

Digitized by Google

SOCIÉTÉ ALSACIENNE & LORRAINE D'ELECTRICITÉ

dite "S. A. L. E. C."

Société anonyme au Capital de 30 Millions de francs.

Siège administratif : 5, rue Herder, 5 — STRASBOURG

L'armistice trouvait en Alsace-Lorraine un certain nombre de Sociétés de distribution d'énergie électrique sous le contrôle de groupes étrangers. Ce fut dans le but principal de reprendre des secteurs de ces Sociétés que fut fondée, en 1919, la **Société alsacienne et lorraine de Constructions électriques** dite "S.A.L.E.C". Celle-ci fut constituée par les principaux producteurs et distributeurs d'énergie de la région (Electricité de Strasbourg, Forces motrices du Haut-Rhin, Station électrique de Millery, La Houve, Ville de Metz, etc.) avec le concours des banques locales et de puissantes maisons spécialisées dans la construction électrique (Thomson Houston, Société alsacienne de Constructions mécaniques, etc., etc.).

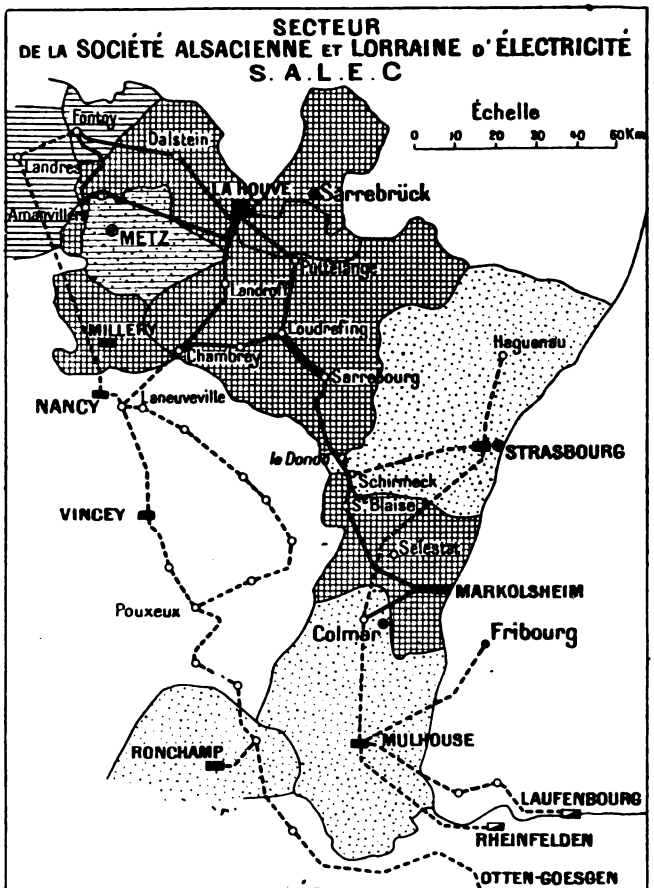
La Société se développa rapidement, le capital passant successivement de 1 000 000 à 11 750 000 francs, en 1921, et, enfin, à 30 000 000 francs au début de 1922.

Dès la fin de 1920, en effet, " S. A. L. E. C." acquérait le contrôle des Sociétés « Forces électriques alsaciennes » et « Forces électriques lorraines » qui lui apportaient, l'une son secteur de Moyenne-Alsace, l'autre les réseaux de distribution d'énergie électrique de la majeure partie de la Moselle.

En 1921, "S. A. L. E. C." acquérait le contrôle du secteur sarrois, de l'ancienne Société de Distribution de Sarrebruck, puis de ses extensions dans la région de Sarreguemines constituant actuellement la « Société lorraine de Distribution de Gaz et d'Electricité.

Depuis 1922, elle vient d'acquérir dans la région de Nancy, le contrôle de la « Station électrique de Millery » (secteur et centrale), et d'absorber, en outre, dans les territoires désannexés, les « Forces électriques alsaciennes » et les « Forces électriques lorraines » dont elle avait déjà le contrôle.

Mais l'opération la plus large que devait réaliser "S.A.L.E.C." était, au début de 1922, l'achat du réseau de distribution à haute tension de La HOUVE, achat qui, lui permettant de quitter le domaine des distributions locales pour aborder celui des transmissions d'énergie à grandes distances, faisait de "S.A.L.E.C." un des groupes les plus puissants de la région de l'Est. Vers l'Ouest, en effet, l'ancien réseau de La HOUVE atteint les régions métallurgiques de Briey et de Metz-Thionville ; vers le Sud-Ouest, il est en liaison avec les réseaux de l'ancienne France et par eux avec les usines hydrauliques suisses ; vers le Sud-Est, enfin, une ligne nouvelle est en construction qui, joignant la sous-station de Sarrebourg aux « Forces électriques alsaciennes » et à l' « Electricité de Strasbourg », permettra, dans l'avenir, d'assurer une liaison nouvelle avec la Suisse et le Rhin.



Carte de la Société alsacienne et lorraine d'Electricité.

Situation actuelle :

1° 460 km de lignes à haute tension (40 000 et surtout 65 000 v.).

2° 1 070 km de réseau moyenne tension (10 500 à 18 000 v.).

3° Un réseau étendu de lignes ou câbles à basse tension permettant l'alimentation intérieure de plus de 200 communes en Lorraine et 70 en Alsace.

Indépendamment de ses propres usines, "S.A.L.E.C." s'est assuré le concours de l'importante centrale des Mines de La HOUVE qui lui fournit actuellement une partie de l'énergie nécessaire à ses secteurs. Les connexions existantes avec les grands producteurs voisins, avec les Centrales à gaz du Bassin métallurgique de Briey et avec les usines hydrauliques suisses peuvent, par ailleurs, assurer à "S.A.L.E.C." les liaisons de secours éventuellement nécessaires.

Le débit total de "S.A.L.E.C." et de ses filiales pour l'année 1923 dépassera certainement 80 000 000 kilowatts-heure.

Digitized by Google

LE TRIPHASÉ

(NORD-LUMIÈRE)

Société anonyme au Capital de 20 000 000 francs

53, Rue des Dames, PARIS

Le Triphasé (Nord-Lumière), Société anonyme au capital de 20 000 000 francs, 53, rue des Dames, à Paris, a été constitué à la fin du siècle dernier.

Cette Société exploite, à Asnières (Seine), une usine électrique produisant, d'une part, du courant triphasé à la fréquence de 25 périodes par seconde et à la tension de 5 500 volts et, d'autre part, du courant diphasé à la fréquence de 42 périodes par seconde et à la tension de 12 500 volts ; la puissance totale des machines est de 55 000 kilowatts.

Cette usine, comme toutes celles de la banlieue de Paris, est destinée à être remplacée prochainement par la grande Centrale de Gennevilliers de l'Union d'Electricité.

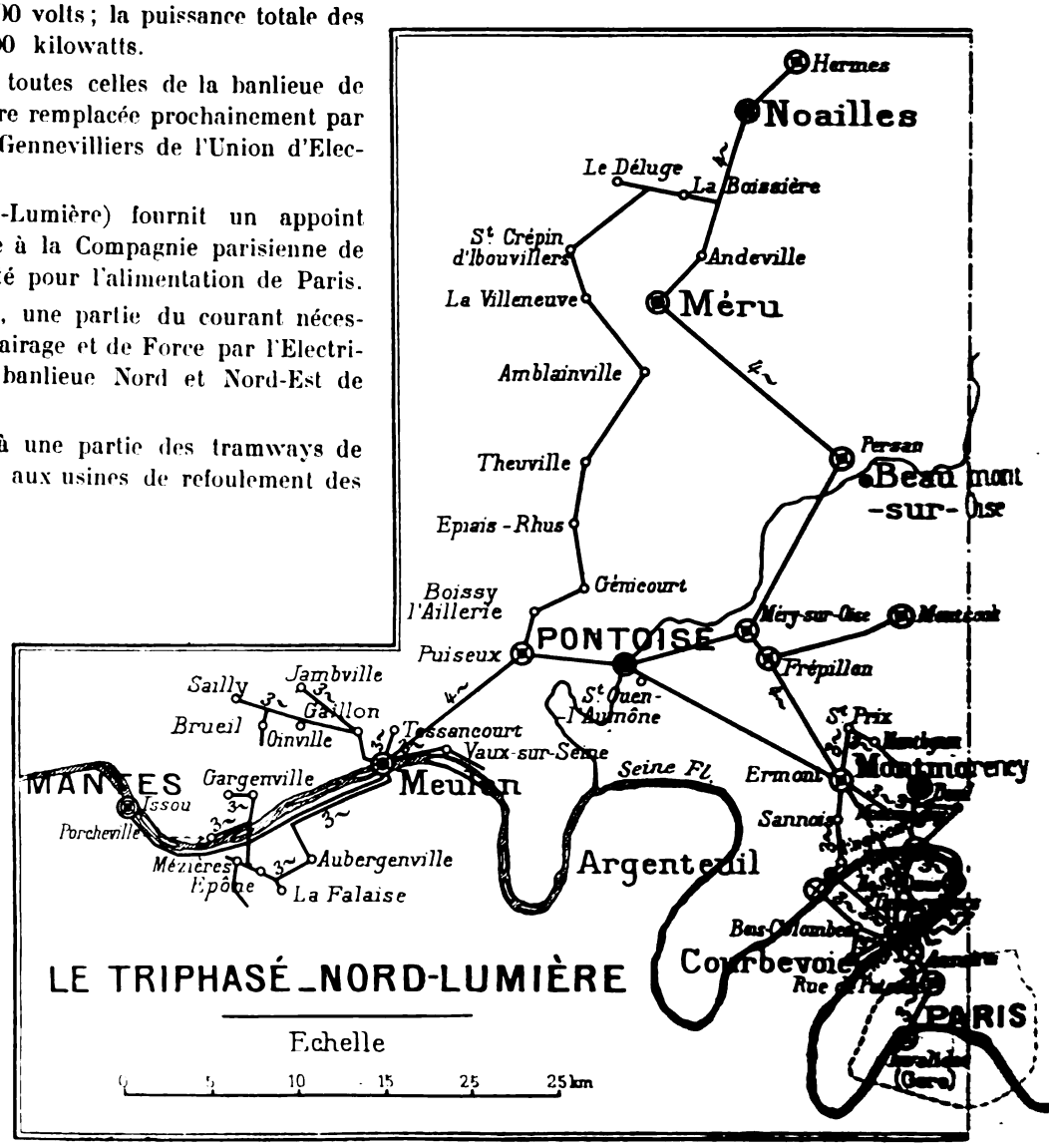
Le Triphasé (Nord-Lumière) fournit un appoint important de puissance à la Compagnie parisienne de Distribution d'Electricité pour l'alimentation de Paris.

Il fournit, en outre, une partie du courant nécessaire à la Société d'Eclairage et de Force par l'Electricité, qui alimente la banlieue Nord et Nord-Est de Paris.

Il fournit l'énergie à une partie des tramways de Paris et de la banlieue, aux usines de refoulement des eaux d'égout, etc...

Enfin, il assure la distribution d'électricité dans le secteur représenté sur la carte ci-contre et dont les points principaux sont : le groupe de Clichy, Asnières, Courbevoie, Gennevilliers, Argenteuil ; le groupe de Persan-Beaumont et le groupe de Meulan.

La puissance développée à l'usine du Triphasé a atteint jusqu'à 40 000 kilowatts ; le nombre de kilowatts-heure que fournit annuellement l'usine est de l'ordre de 80 000 000.



Réseau de la Société Le Triphasé. (Nord-lumière)

Digitized by Google

Société d'Eclairage et de Force par l'Electricité

à PARIS

Société anonyme au Capital de 10 000 000 francs

26, Rue Laffitte, PARIS

La **Société d'Eclairage et de Force par l'Electricité à Paris** a été fondée en 1890 pour exploiter le « Secteur électrique » dont la Ville de Paris venait d'attribuer la concession et pour y appliquer notamment, à la suite des célèbres expériences de transmission d'énergie entre Creil et Paris, les procédés de M. Marcel Deprez, qui sont l'origine des distributions d'énergie à grande distance.

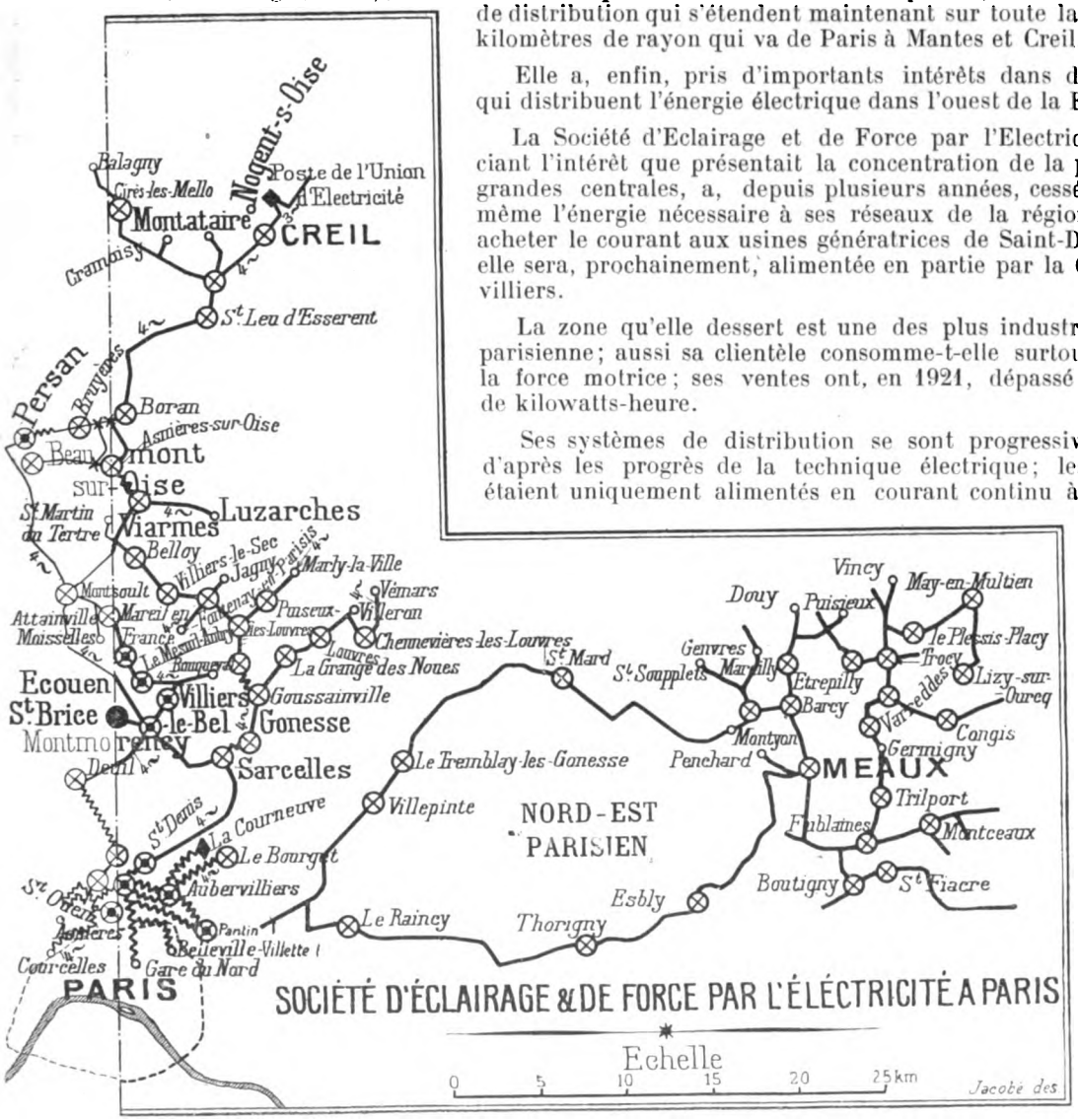
En même temps qu'elle exploitait son secteur parisien, englobé depuis 1914 dans le réseau de la Compagnie parisienne de Distribution d'Electricité, la Société créait dans la banlieue Nord de Paris des réseaux qui desservent toutes les communes importantes de cette région (Saint-Denis, Saint-Ouen, Aubervilliers, Pantin, La Courneuve, Le Bourget, etc...); elle créait, d'autre part, en commun avec le Triphasé (Nord-Lumière), des réseaux de distribution qui s'étendent maintenant sur toute la zone de cinquante kilomètres de rayon qui va de Paris à Mantes et Creil.

Elle a, enfin, pris d'importants intérêts dans diverses entreprises qui distribuent l'énergie électrique dans l'ouest de la France.

La Société d'Eclairage et de Force par l'Electricité à Paris, appréciant l'intérêt que présentait la concentration de la production dans de grandes centrales, a, depuis plusieurs années, cessé de produire elle même l'énergie nécessaire à ses réseaux de la région parisienne, pour acheter le courant aux usines génératrices de Saint-Denis et d'Asnières ; elle sera, prochainement, alimentée en partie par la Centrale de Gennevilliers.

La zone qu'elle dessert est une des plus industrielles de la région parisienne; aussi sa clientèle consomme-t-elle surtout du courant pour la force motrice; ses ventes ont, en 1921, dépassé cinquante millions de kilowatts-heure.

Ses systèmes de distribution se sont progressivement transformés d'après les progrès de la technique électrique; les premiers réseaux étaient uniquement alimentés en courant continu à 110 volts; au fur et à mesure de la mise au point des inventions qui font de M. Maurice Leblanc l'une des gloires de la science électrique, la Société en faisait application dans ses installations ; ses réseaux sont tous maintenant, ou seront à très bref délai, alimentés en courant alternatif à cinquante périodes par seconde et pour la plus grande partie en courant triphasé sous les tensions normales recommandées par le Ministère des Travaux publics.



Réseau de la Société d'Eclairage et de Force par l'Electricité à Paris.

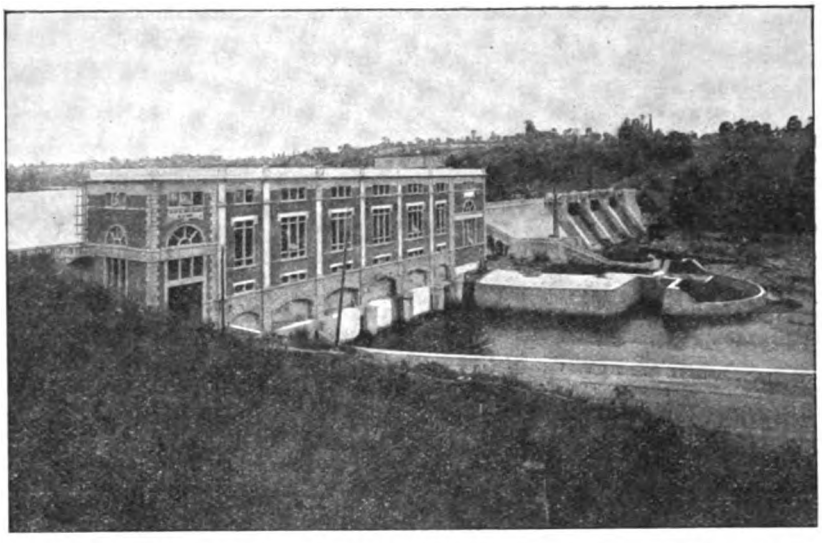
Digitized by Google

Société des Forces Motrices de la Vienne

Société anonyme au Capital de 12 500 000 francs.

Siège social : 16, Rue de la Pépinière, PARIS (8e)

La **Société des Forces motrices de la Vienne** a été constituée en 1914, en vue de l'aménagement hydraulique de la Vienne dans la partie de son cours comprise entre Limoges et Châtellerault, l'énergie produite devant être distribuée dans une région étendue de l'Ouest de la France.



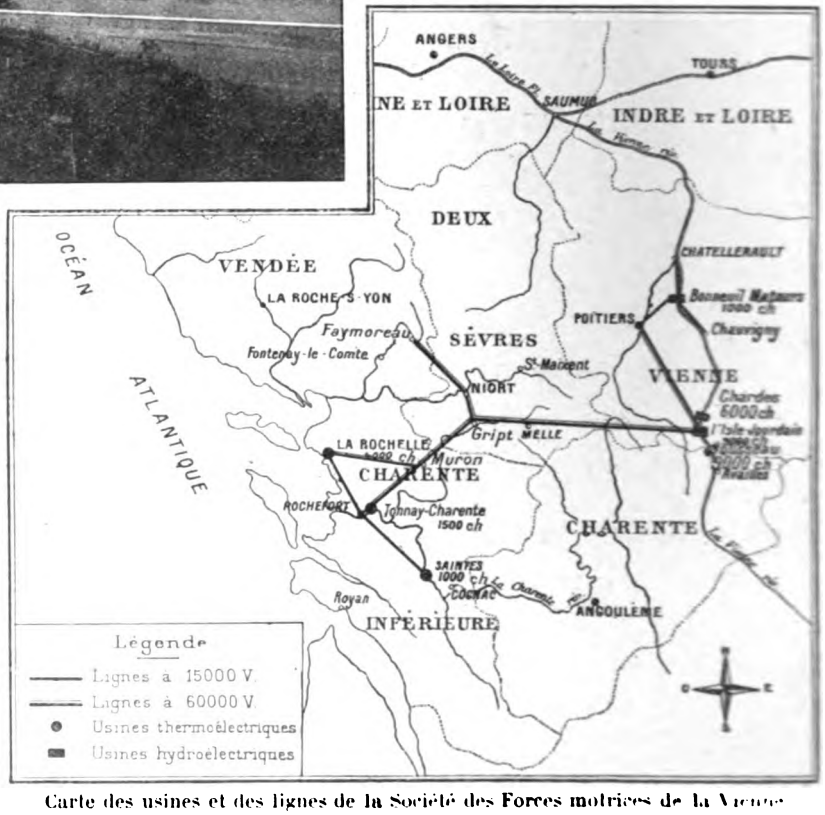
Vue de l'usine et du barrage de l'Isle-Jourdain prise de l'aval.

A l'heure actuelle, la Société a exécuté la première partie de son programme consistant notamment dans l'aménagement de la chute de l'Isle-Jourdain, la construction d'artères à haute tension dans les départements de la Vienne, des Deux-Sèvres, de la Charente et de la Charente-Inférieure, ainsi que dans l'installation d'usines thermiques, destinées à servir de secours et d'appoint, à La Rochelle, à Tonnay-Charente près Rochefort et à Saintes.

La Société alimente au moyen de ses lignes à haute tension — pour la construction et l'exploitation desquelles elle est titulaire d'une concession d'Etat — et par l'entremise de réseaux de distribution locaux ou régionaux, les principaux centres de la région, et notamment : Poitiers, Châtellerault, Montmorillon, Confolens, Ruffec, Cognac, Saintes, Rochefort, La Rochelle, La Pallice et Niort.

Le réseau de la Société des Forces motrices de la Vienne est relié à l'usine thermique de Faymoreau (Vendée), établie au siège même des mines de houille de cette localité, afin de procéder avec cette usine à des échanges d'énergie.

Des usines hydrauliques en construction ou projetées sur la Vienne moyenne, usines appelées à être conjuguées avec les importantes sources d'énergie du Plateau-Central, permettront de fournir toute la puissance dont la Société aura progressivement besoin pour l'alimentation de ses réseaux actuels et de leurs développements.



Carte des usines et des lignes de la Société des Forces motrices de la Vienne

Digitized by Google

Compagnie du Gaz de Lyon

au Capital de 21 000 000 francs

Siège social : 3, Quai des Célestins, 3. — LYON

CONSISTANCE DES USINES

A. — THERMIQUES

Station centrale de la Mouche, comportant :

1° 6 turbo-alternateurs à 10 000 volts, triphasés, 50 p : s, 1 500 t : mn, savoir : 1 de 2 000 kw 2 de 6 000 kw 2 de 4 000 kw 1 de 12 000 kw fonctionnant en parallèle avec des sources d'énergie hydro-électriques.

2° 16 générateurs de vapeur Niclausse de 243 m² de surface chacun ;
12 générateurs de vapeur Belleville de 338 m² de surface chacun.
Tous ces générateurs sont munis de surchauffeurs et économiseurs. — Timbre 17 kg : cm².

LIGNES DE TRANSMISSION

DANS LE CENTRE DE LYON

1° Réseaux souterrains à 3 fils à courant continu 220 et 250 volts, comprenant 63 km de feeders et 173 km de câbles à 3 conducteurs.

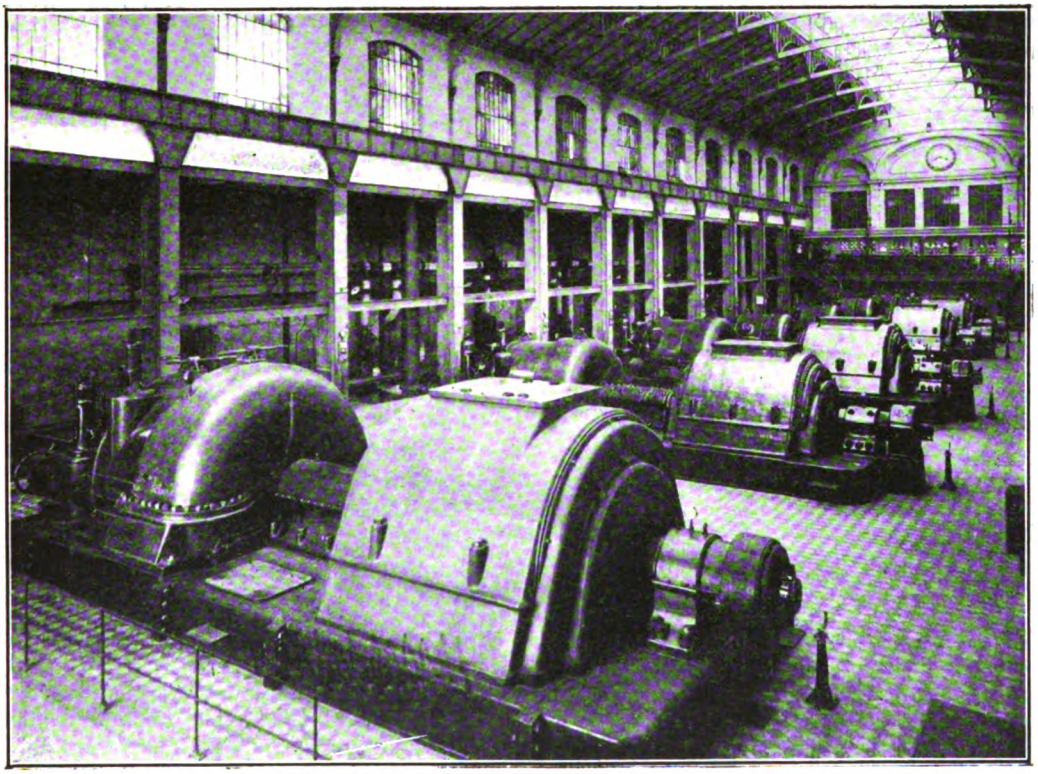
2° Réseau souterrain en câbles à 3 conducteurs pour courant triphasé 10 000 volts, 50 p : s. Longueur 309 km.

DANS LA PÉRIPHÉRIE DE LYON

3° Réseaux souterrains en câbles à 4 conducteurs pour courant triphasé 208 volts, 50 p : s. Longueur 204 km.

DANS LA BANLIEUE DE LYON

4° Réseau aérien haute tension pour courant triphasé 10 000 volts, 50 p : s. Longueur 260 km.



Station centrale. — Puissance installée, 52 000 chevaux

B. — HYDRAULIQUES

1° Energie triphasée à 65 000 volts, 50 p : s, de la Société Hydro-Électrique de Lyon, filiale de la Compagnie du Gaz de Lyon, en provenance de son usine du Val du Fier (Savoie) et livrée à 10 000 volts à son poste de transformation 60 500/10 000 v de la Mouche.

2° Energie triphasée à 65 000 volts, 50 p : s, en provenance des Usines Paul Girod à Ugines, rendue à Lyon par la ligne de transmission de 170 km de longueur de la Société Hydro-Electrique et livrée par elle à 10 000 volts à son poste de transformation 65 000/10 000 v de la Mouche.

3° Energie triphasée à 50 p : s de la Société générale de Force et Lumière livrée à 10 000 volts et transformée en courant continu dans les diverses sous-stations.

Il existe, en outre, quatre sous-stations de transformation de courant triphasé en courant continu.

5° Réseau aérien à basse tension pour courant triphasé 208 volts, 50 p : s. Longueur 376 km.

DISTRIBUTION ET NOMBRE D'OUVRIERS

Production en courant continu 230-260 et 260-290 volts et en courant triphasé 10 000 volts, 50 p : s.

Distribution en courant continu 220 et 250 volts, 3 fils, dans le centre de Lyon et en courant triphasé, 4 fils, 120 et 208 volts dans la périphérie.

Le personnel comprend : 115 ingénieurs, chefs de station, contremaîtres et environ 360 ouvriers.

INSTITUTIONS OUVRIÈRES

Caisse de secours en cas de maladies. — Versements à la Caisse nationale des Retraites pour la Vieillesse. — Fonds de secours aux Victimes de la Guerre, Orphelinats, Habitations à bon marché, etc...

Digitized by Google

Les Papeteries de France

Société anonyme au Capital de 45 Millions de francs.

Siège social : 10, rue Comines, PARIS

Situées dans une contrée d'élection, à quelques kilomètres de la capitale du Dauphiné, et au pied de la majestueuse chaîne de Belledonne, les usines de Lancey furent fondées en 1868 par Aristide Bergès.

Modeste moulin à pâte à l'origine, elles se développèrent rapidement et comptent maintenant parmi les plus importantes fabriques de pâtes, papiers et cartons françaises.

Afin d'assurer aux usines la force motrice, toujours plus grande, nécessaire à leur fonctionnement, Aristide Bergès et les continuateurs de son œuvre firent un large appel à la houille blanche, par des travaux restés célèbres ; ils édifièrent, enfin, une puissante centrale thermique de secours.

Les installations hydrauliques de Lancey furent conçues et réalisées à une époque où l'équipement des hautes chutes était considéré comme une entreprise singulièrement audacieuse. Et ce fut aux prix d'efforts considérables qu'Aristide Bergès parvint à capter les ruisseaux de La Combe et de Saint-Mury à 200 mètres d'abord, à 500 mètres ensuite au-dessus du niveau des turbines.

Afin de parer aux variations de débit de ces torrents alpestres, il utilisa le lac Crozet comme régulateur, après l'avoir transformé, à l'aide d'un barrage, en une importante réserve de 1 250 000 mètres cubes qu'un souterrain, percé dans la paroi du lac, à 27 mètres de profondeur, permet de vider en hiver, pendant la période des basses eaux.

Grâce aux travaux accomplis, les usines de Lancey disposent en moyenne de 1 100 litres par seconde sous 530 mètres de chute.

Quatre conduites forcées de 0,40 m de diamètre alimentent les turbines, dont certaines sont accouplées directement avec les défibreurs, tandis que d'autres actionnent les dynamos de la station génératrice de la gorge.

Ce poste est équipé pour 3 000 chevaux et fournit aux usines le courant continu, à 550 volts, qui leur est nécessaire.

A quelques kilomètres de Lancey se trouve la pittoresque station du Bas-Laval, établie en 1906 par Maurice Bergès. Afin d'utiliser l'intégralité de la chute de 175 mètres dont dispose le poste, celui-ci dut être installé, faute de place, dans une caverne creusée à cet effet dans le rocher. La puissance installée de cette station est de 2 100 chevaux, tandis que celle du Haut-Laval, actionnée par une chute de 300 mètres, atteint 3 000 chevaux.

L'usine génératrice de La Ferrière, appartenant également à la Société, est située à 45 kilomètres de Lancey, au pied des Sept Laux. Elle dispose d'une chute de 115 mètres, obtenue par dérivation du Bréda, et sa puissance installée est de 4 700 chevaux.

Une centrale électrique moderne, récemment aménagée à Lancey, reçoit, transforme et distribue aux usines l'énergie produite par ces trois dernières stations.

De puissantes installations thermiques constituent, enfin, une organisation de secours capable de parer à toute éventualité.

La chaufferie, répartie en quatre groupes de générateurs, forme un ensemble de 5 000 mètres carrés de surface de chauffe.

Une main-d'œuvre réduite en assure le fonctionnement grâce à l'emploi de grilles mécaniques, d'appareils automatiques d'alimentation en charbon et de manutention de scories.

Des silos souterrains de 3 000 tonnes forment une réserve de combustibles à proximité de la chaufferie.

La vapeur engendrée par cette installation est utilisée à la fabrication des pâtes, papiers et cartons, comme à l'alimentation de la centrale thermique.

Celle-ci est équipée pour une puissance de 5 000 chevaux que peuvent fournir deux turbo-alternateurs, dont l'un, type Zoelly, a été livré par la Société alsacienne de Constructions mécaniques, tandis que l'autre, type Parsons à soutirage, provient de la Compagnie électro-mécanique.

Les ateliers de pâtes chimiques et mécaniques sont aménagés avec les derniers perfectionnements de la technique moderne. D'une capacité de production considérable, ils peuvent transformer par jour 300 tonnes de bois, 10 tonnes d'alfa ou de paille, 10 tonnes de chiffons, en une pâte à papier de premier choix.

Les fabriques de papiers de la Société sont situées à Lancey, Brignoud, Leysse, Pontcharra, Persan, Arfeuille. La variété et la qualité des pâtes dont elles disposent leur permettent d'aborder la fabrication de toutes les sortes, dans les meilleures conditions possibles.

Les cartonneries de Lancey, enfin, admirablement installées, mettent sur le marché 40 tonnes par jour dans toutes les qualités.

Onze maisons de vente importantes, judicieusement réparties, de nombreuses agences, en France et à l'étranger, permettent aux Papeteries de France de rester en contact permanent avec leur abondante clientèle.

Elles en connaissent ainsi tous les besoins, et peuvent y répondre dans les meilleures conditions de qualité et de prix.

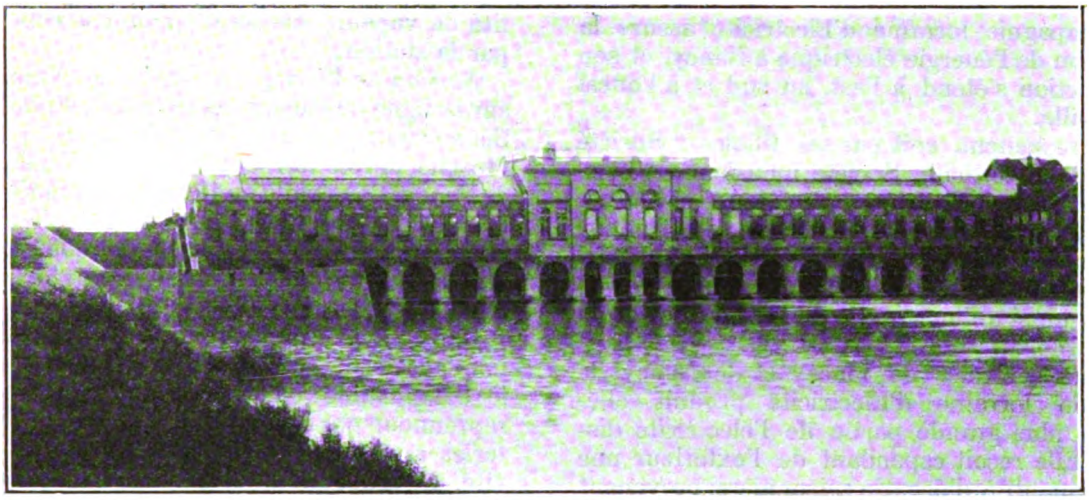
Digitized by Google

La Société Lyonnaise des Forces Motrices du Rhône

(JONAGE)

Société anonyme au Capital de 40 Millions de francs

***Siège social :* 37, Rue de la République, LYON — Téléphone : 50-30**



Usine de Cusset-Villeurbanne. — Vue aval.

Constituée en 1892 pour l'exploitation de la concession d'une dérivation du Rhône en amont de Lyon, la Société lyonnaise des Forces motrices du Rhône est la plus ancienne, et, à proprement parler, l'initiatrice des grandes distributions d'énergie électrique en France.

La dérivation éclusée, généralement appelée, du nom d'une des communes traversées, canal de Jonage, est d'une longueur totale de 19 kilomètres; sept ponts métalliques, de 83 à 123 mètres de longueur, établissent les communications entre les deux rives. Une écluse simple accolée à l'ouvrage de prise et une écluse double accolée au barrage qui supporte l'usine, avec des sas de 90 mètres de longueur, assurent la navigation, amorce de la navigation générale projetée sur le haut Rhône.

Le débit du canal est de 100 à 150 mètres cubes par seconde, suivant l'étiage du Rhône; la chute varie de 11 à 13 mètres; un réservoir de 150 hectares, aménagé vers le milieu du canal et pouvant emmagasiner 4 millions de mètres, cubes, permet de consommer à l'usine, à certaines heures un volume d'eau bien supérieur au débit constant de la prise.

L'usine hydroélectrique, installée à Cusset-Villeurbanne, est établie sur le mur même de retenue; elle présente un développement de 152 mètres de longueur, et comporte un équipement total, unités de secours comprises, de 80 000 chevaux.

A côté, et fonctionnant en parallèle avec elle, est installée une usine à vapeur, à la fois usine de secours et usine auxiliaire pour le service des pointes, d'une puissance actuelle de 30 000 chevaux, et encore en voie d'agrandissement.

Devant le développement continu de sa clientèle, la Société s'est, en outre, assuré la fourniture des deux tiers de la puissance des chutes dont la Société de la Haute-Isère, sa filiale, poursuit en ce moment l'équipement en Tarentaise : l'équipement de la première chute, dont l'aménagement sera bientôt achevé, est prévu pour une puissance maximum de 40 000 chevaux.

L'énergie produite par les Usines de Cusset, sous forme de courants triphasés, et sous une tension efficace de 3 500 volts, est distribuée par câbles souterrains à Lyon et dans quelques communes suburbaines. Le réseau atteint actuellement un développement de 850 kilomètres.

Le tableau suivant résume le développement industriel de la Société depuis la mise en marche, en 1899, de l'usine hydroélectrique de Cusset :

EXERCICES	ABONNÉS	PUISSANCE DESSERVIE EN CHEVAUX	NOMBRE DE LAMPES DESSERVIES	ENERGIE PRODUITE EN KW-H	LONGUEUR DES CABLES POSÉS
1899	2 002	4 493	58 364	3 012 114	243 km.
1905	9 925	16 532	201 887	29 637 856	449 —
1910	15 717	27 751	311 665	52 144 570	570 —
1913	32 855	31 935	682 218	67 281 058	713 —
1914	37 543	33 453	769 968	56 890 081	734 —
1915	38 208	35 005	786 670	63 490 656	749 —
1916	38 466	38 648	810 212	84 011 569	767 —
1917	39 130	40 692	827 484	92 505 555	781 —
1918	40 038	44 042	850 198	91 378 585	799 —
1919	40 981	46 407	877 454	79 444 210	813 —
1920	43 573	49 845	931 685	86 455 970	833 —

Digitized by Google

Compagnie lorraine d'Électricité

Énergie électrique de Meuse et Marne — Énergie-Éclairage Société vosgienne d'Électricité

La Compagnie lorraine d'Electricité assure la distribution de l'énergie électrique à Nancy, et son rayon d'action s'étend à l'est, au sud et à l'ouest de cette ville.

Soit directement, soit par ses filiales : Société vosgienne d'Electricité, Société meusienne d'Electricité, Energie électrique de Meuse-et-Marne, Energie-Eclairage, Société électrique du Toulois, elle intéresse la plus grande partie des départements de Meurthe-et-Moselle, des Vosges et de la Meuse, ainsi qu'une partie de la Marne et de la Haute-Marne.

Dans ses centrales de Vincey et de Nancy, la Compagnie lorraine d'Electricité produit elle-même la plus grande partie de l'électricité distribuée. Elle reçoit cependant de l'extérieur une certaine quantité d'énergie saisonnière provenant d'usines hydroélectriques suisses et échange du courant avec les secteurs voisins.

Le réseau de transmission, qui fonctionne sous la tension de 65 000 volts, forme une boucle de 210 km de longueur jalonnée par les postes de transformation de Laneuveville, Viterne, Vezelise, Vincey, Dogneville, Pouxeux, Laveline, Anould (en construction), Saint-Dié, Etival, Glonville et Hériménil. Trois antennes principales s'y rattachent; l'une de 63 km, qui établit la connexion avec l'Energie électrique de Meuse-et-Marne et la centrale thermique de Saint-Dizier; la seconde, qui assure la jonction avec le réseau des Mines de la Houve, et la troisième, équipée pour 110 000 volts et d'une longueur totale de 180 km, qui alimente le réseau en énergie hydroélectrique suisse. Ce réseau pourra se jonctionner à la ligne d'Etat à 120 000 volts Vincey-Laneuveville-Bassin de Briey qui vient d'être terminée. Les réseaux de distribution fonctionnent à 22000, 11000, ou 5500 volts suivant la région; les réseaux communaux, à 110/190 volts.

Station de Nancy. — Mise en marche en 1899 et établie à l'origine pour courant continu, elle a subi des transformations profondes et n'est utilisée que comme secours et comme usine de pointe. Puissance installée : 11500 kw (machines) — 6000 kw (chaudières).

Elle reçoit, en outre, d'une usine d'incinération des ordures ménagères, installée par la Maison Heenan et Froude de Manchester pour incinérer 120 tonnes de gadoue par jour, une certaine quantité de vapeur servant d'appoint à celle produite par la station.

Station de Vincey. — L'usine de Vincey, située sur la ligne de chemin de fer Nancy-Epinal, est édifiée sur un terrain bordé par le canal de l'Est, la Moselle, la voie ferrée et la route nationale, à 10 km de Nancy. Construite en 1912-14, agrandie dès 1918, la salle des machines comprend actuellement deux turbo-alternateurs triphasés de 6000 kw, 11000 volts, 50 p : s, 1500 t : mn et deux turbo-alternateurs de 10000 kw, 1500 t : mn.

Deux ponts transbordeurs de 46 m de portée, pouvant décharger péniches ou wagons, déversent le combustible dans un parc à charbon et le reprennent pour desservir les soutes des chaufferies au moyen d'un convoyeur. De là, par gravité, le charbon descend dans les trémies des foyers mécaniques.

Les chaudières, au nombre de 16, peuvent produire chacune 12000 kg de vapeur à l'heure à la pression de 15 kg : cm². Elles sont pourvues de surchauffeurs à 350° C et d'économiseurs.

L'usine étant en rase campagne, la Compagnie lorraine d'Electricité a dû, pour assurer le logement de son personnel, construire des maisons d'ingénieurs et des logements ouvriers avec jardins, école, lavoir, distribution d'eau, etc.

***

Parmi les plus importantes des filiales, citons : l'Energie électrique de Meuse-et-Marne, qui alimente, par sa centrale thermique de Saint-Dizier (12000 kw), les régions de Bar-le-Duc, Ligny, Joinville et Vitry.

Energie-Eclairage, dont la zone d'action embrasse la plus grande partie du bassin de Briey sa distribution répond aux besoins de la clientèle surtout minière et métallurgique de cette région.

La Société vosgienne d'Electricité qui a son centre à Remiremont et assure la fourniture aux importantes filatures et aux nombreuses industries du département des Vosges.

L'action de la Compagnie lorraine d'Electricité et de ses filiales s'étend sur 5 départements. Son réseau alimente ainsi une puissance raccordée de plus de 100000 chevaux répartie sur près de 400 communes, qui représentent une population totale de plus d'un million d'habitants.

La consommation annuelle totale est de l'ordre de 120 millions de kilowatts-heure.

Digitized by Google

COMPAGNIE CENTRALE D'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE

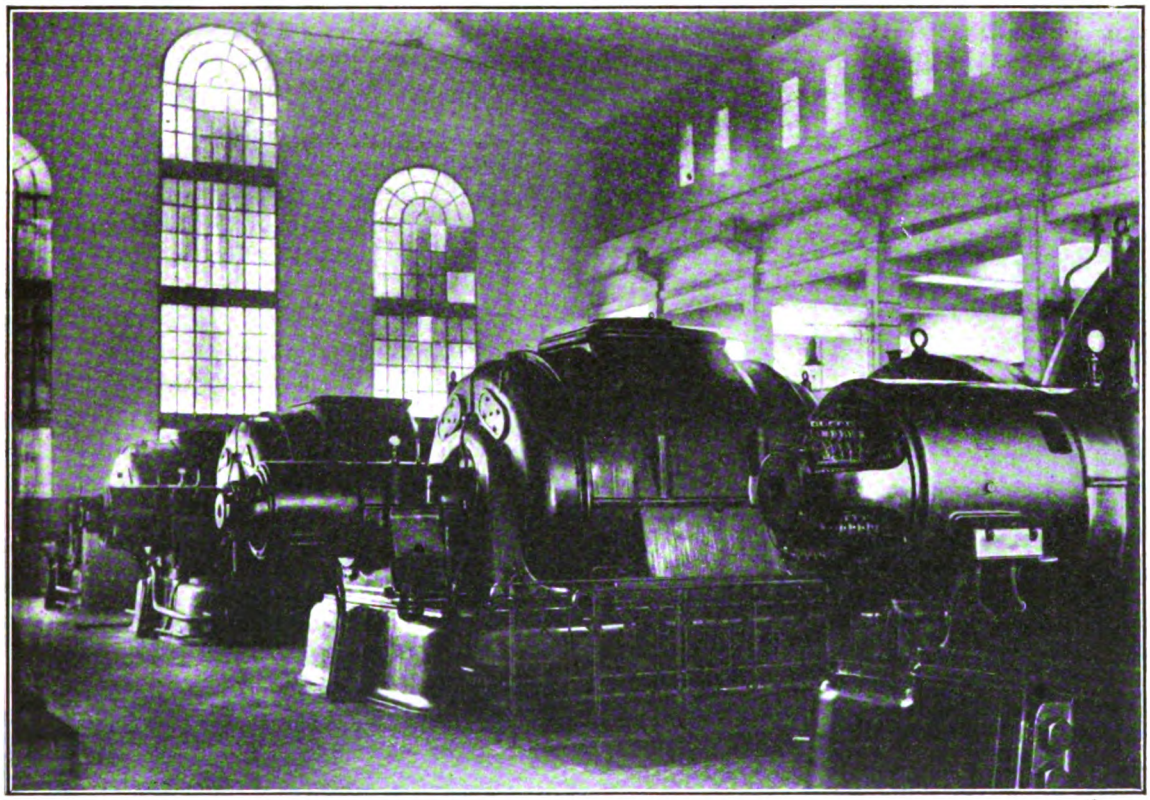
SOCIÉTÉ ANONYME AU CAPITAL DE 25 MILLIONS DE FRANCS

Siège social : 3, Rue Moncey -:- PARIS (IXe)

La *Compagnie centrale d'Énergie électrique* exploite deux secteurs de production et distribution d'énergie qui desservent les régions de Rouen et de Châteauroux.

La région de *Rouen* est alimentée par l'usine de Grand-Quevilly, dont la puissance installée sera portée, dès la fin de 1922, à 44 000 kw, en quatre groupes de 6 000 kw et deux groupes de 10 000 kw, ces derniers en cours de montage ou d'essai.

Le réseau dessert, au moyen de lignes à 5 500, 16 500 et 33 000 volts, les villes de Rouen et d'Elbeuf et les communes voisines du département de la Seine-Inférieure. Par l'intermédiaire de la Société andelysienne d'Electricité, la Compagnie centrale alimente, en outre, une importante partie du département de l'Eure.



Usine de Grand-Quevilly — Vue intérieure

Au 31 décembre 1921, la puissance souscrite dans l'ensemble du secteur se décomposait comme suit :

Eclairage public et établissements municipaux.	200	kv-a
Eclairage privé	11 230	—
Force motrice haute tension	22 350	—
Force motrice basse tension	13 896	—
Tramways	1 500	—
TOTAL	49 176	kv-a

Le nombre de kilowatts-heure produits a été pour l'année 1921 de 41 345 279.

L'usine de *Châteauroux* comprend deux groupes de 800 kw et un groupe de 1 000 kw et alimente un réseau à 5 500 et 16 500 volts qui dessert, outre la ville de Châteauroux elle-même, une grande partie du département de l'Indre.

Cette usine a produit, en 1921, 2 134 935 kw-h. La puissance souscrite était, au 31 décembre 1921, de 1955 kw pour l'ensemble du secteur.

Jusqu'en juillet 1920, la Compagnie centrale exploitait en plus deux secteurs desservant les régions d'Alger et d'Oran. Elle a constitué à cette époque, en vue de la reprise et de l'extension de ces entreprises, une Société filiale, la Société algérienne d'Eclairage et de Force, au capital de 12 millions de francs.

La *Société algérienne d'Eclairage et de Force* exploite deux usines, l'une de 11 500 kw, située à Hussein-Dey, près d'Alger, et l'autre de 5 000 kw, établie à Mers-el-Kébir, près d'Oran.

L'usine d'Hussein-Dey dessert un réseau 10 000 et 30 000 volts qui s'étend sur une zone de 100 km de largeur entre l'Atlas et la mer de part et d'autre d'Alger. La clientèle comprend les réseaux de tramways d'Alger, les principales industries de la région et de nombreuses exploitations agricoles de la plaine de la Mitidja.

La puissance raccordée était, à fin 1921, de 11 089 kv-a et la production a atteint pour l'année écoulée 13 272 967 kw-h.

L'usine de Mers-el-Kébir alimente, à Oran, les tramways et une importante clientèle de force motrice. Elle est reliée au moyen de lignes à 6 000, 18 000 et 30 000 volts au port d'Arzew vers l'Est (à 45 km d'Oran) et à Aïn-Témouchent vers le Sud-Ouest (à 70 km d'Oran). Cette dernière ligne va être prochainement prolongée jusqu'à Beni-Saf où elle alimentera les installations de la Cie de Mokta-el-Hadid.

A fin 1921, la puissance raccordée était de 3 800 kv-a et la production avait atteint pour l'année écoulée 3 millions 296 240 kw-h.

Digitized by Google

SOCIÉTÉ PARISIENNE

pour l'INDUSTRIE des CHEMINS DE FER et des TRAMWAYS ÉLECTRIQUES

Société anonyme au Capital de 50 000 000 francs

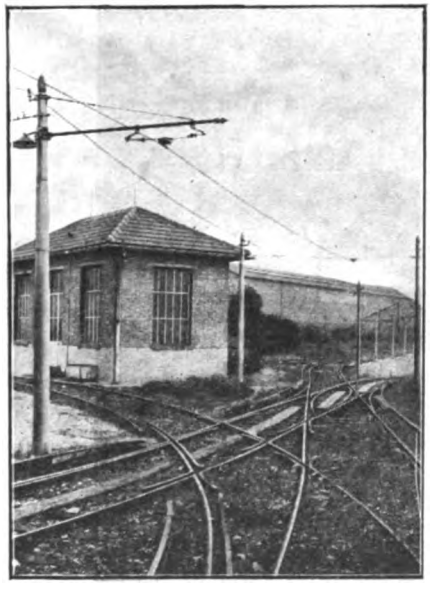
SIÈGE SOCIAL & BUREAUX
75, Boulevard Haussmann
PARIS (8e)

Adresse Télégraphique :
PARELECOP-PARIS

TÉLÉPHONE : CENTRAL 34-10

Fondée en 1900 au capital de 25 millions de francs, capital qui fut, en 1901, porté à 50 millions de francs, la Société Parisienne a, depuis sa création, joué en France un rôle important dans le développement aussi bien des chemins de fer et des tramways électriques que des grands réseaux de distribution. C'est grâce à son aide technique et financière que de nombreuses sociétés filiales purent se créer et prospérer. Parmi ces sociétés, on peut citer en particulier :

La Société d'Électricité de Paris. — La Société Électricité et Gaz du Nord. — Le Chemin de fer métropolitain de Paris. — Les Tramways de Paris et du Département de la Seine. — Les Tramways de Lille. — Les Chemins de fer économiques du Nord. — Les Chemins de fer du Calvados. — Les Chemins de fer de la Banlieue de Reims. — La Compagnie générale des Chemins de fer vicinaux. — The Cairo Electric Railways and Héliopolis Oases Company. — Les Forges et Ateliers de la Longueville. — Les Ateliers de Constructions électriques du Nord et de l'Est. Ces deux dernières Sociétés viennent de fusionner sous la raison sociale : Forges et Ateliers de Constructions électriques de Jeumont.



Croisements et vue des plans inclinés et des ailes de moulins des barres de courant, exécutés pour la Compagnie du Chemin de fer métropolitain de Paris.

La Société Parisienne reconnut rapidement la nécessité, dans l'état actuel de l'industrie, d'avoir un service de travaux particulièrement bien organisé qui puisse non seulement étudier et dresser une évaluation d'un projet quelconque, mais encore le réaliser en se renfermant strictement dans les limites prévues des dépenses de premier établissement. La Société Parisienne est donc parfaitement outillée pour prendre l'entreprise générale de tous travaux se rapportant particulièrement à l'industrie des transports et des distributions de gaz et d'électricité. Quelques références feront mieux comprendre la nature et le champ d'activité de la Société Parisienne.

Pose de voie Vignole sur tablier métallique, exécutés pour la Compagnie du Chemin de fer métropolitain de Paris.

Établissement de Voies ferrées.

Parmi les travaux exécutés par la Société Parisienne, se présentent en premier lieu la pose des voies ferrées et le ballastage des lignes 3, 4, 7, 7 *bis* et 8 du Chemin

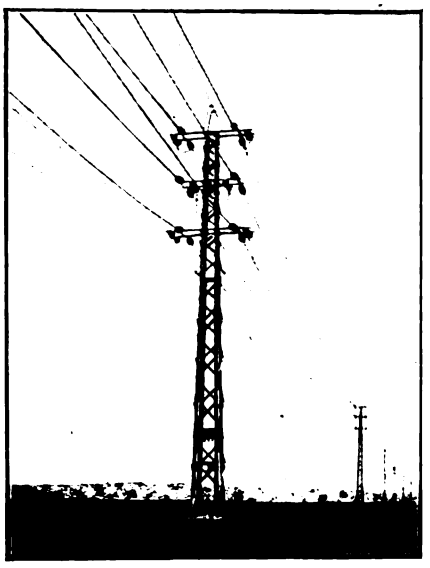
Digitized by Google

de fer métropolitain de Paris. Ces travaux, d'un caractère spécial, qui nécessitent une exécution irréprochable furent entrepris à partir de 1908.

Les Tramways de Paris et du Département de la Seine confièrent à la Société Parisienne tous les travaux et fournitures nécessités par l'installation, à l'intérieur, de Paris des voies de roulement avec caniveau (terrassement, bétonnage, maçonnerie, pose de la partie métallique du caniveau, de la voie, de l'équipement électrique, etc...)

Divers réseaux de chemins de fer d'intérêt local furent exécutés : tel celui de la Compagnie des Chemins de Fer du Calvados.

Des embranchements industriels, notamment pour la Société d'Électricité de Paris à Saint-Denis, l'Usine d'Électricité de Bercy, les Ateliers de Constructions électriques du Nord et de l'Est furent réalisés par la Société Parisienne.



Ligne à haute tension sur pylônes métalliques
Pylône de sectionnement.

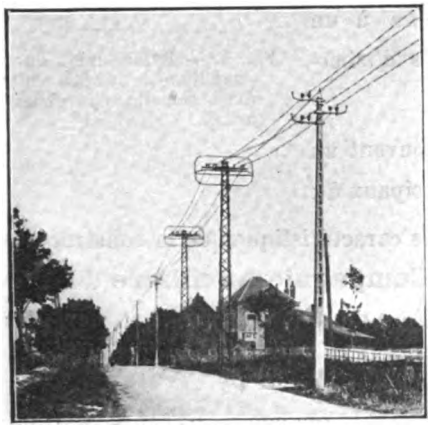
Stations centrales. — Sous-Stations.

Postes de Transformation.

La Société Parisienne apporta un concours très actif à la construction de la Station centrale de la Société d'Électricité de Paris à Saint-Denis. Il faut se rappeler que cette station centrale fut, en France, la première centrale construite en vue de l'emploi des turbines à vapeur.

Entreprises électriques

La Société Parisienne a installé, parallèlement au ballastage et à la pose de voies proprement dits, l'électrification de gares, de voies et de signaux de chemins de fer métropolitains.



Ligne à haute tension sur poteaux en ciment. — Traversée de voie ferrée sur pylônes métalliques.

Elle a créé un Service spécial en vue de la construction de toutes lignes et canalisations électriques à haute et basse tension. En particulier, elle s'est appliquée à réaliser : les réseaux de distribution basse tension; les lignes d'alimentation moyenne tension (15 000 volts); les lignes à haute tension pour les réseaux d'intérêt général (45 000 volts); les lignes à très haute tension pour les grands réseaux nationaux (150 000 volts). C'est ainsi que de nombreuses lignes de transport ont été exécutées dans les régions libérées et que des lignes à 150 000 volts sont actuellement en cours de réalisation pour le compte de la Compagnie des Chemins de fer du Midi.

Spécialiste dans l'électrification des chemins de fer et alors que cette question vitale pour notre pays fait actuellement l'objet d'études étendues, la Société Parisienne est particulièrement bien placée pour réaliser tous travaux relevant de cette partie de son programme.

Digitized by Google

COMPAGNIE AUXILIAIRE D'ÉLECTRICITÉ ET D'ENTREPRISE

Société anonyme au Capital de 2 000 000 francs

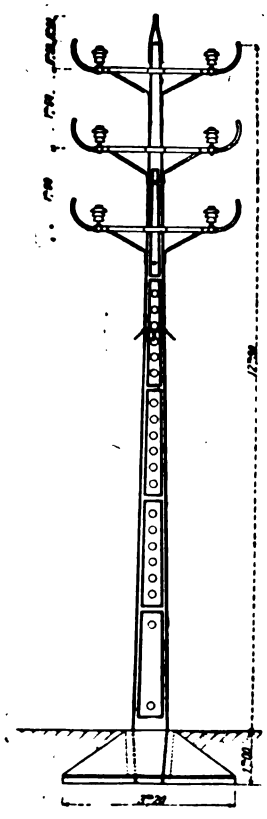


Fig. 1. — Pylône en ciment armé pour lignes à 45 000 volts avec semelle en ciment armé.

SIÈGE SOCIAL : **BULLY-LES-MINES, (Pas-de-Calais)**

BUREAUX ET DIRECTION : **97, Rue de Lille, PARIS (7e)**

Tél. : ***Fleurus 01-06*** *Adresse télégr. :* ***Auxillua-Paris***

La **Compagnie auxiliaire d'Electricité et d'Entreprise**, de création récente, a obtenu l'entreprise de de la construction du Réseau à très haute tension ainsi que des postes de transformation de la Société électrique du Nord-Ouest. La carte ci-contre montre la situation et l'étendue de ce réseau.

L'énergie est produite par trois centrales électriques situées dans la région minière du Pas-de-Calais : à **Bully-les-Mines**, **Gosnay** et **Beuvry;** par une quatrième centrale thermique en construction à **Abbeville** à un point opposé de la boucle et par les deux centrales d'Isbergues et de Calais, des Aciéries de France.

Les postes de transformation élévateurs se trouvent au point d'alimentation. Les postes abaisseurs principaux à : **Hazebrouck, Saint-Omer, Calais, Dunkerque, Boulogne, Amiens, Arras.**

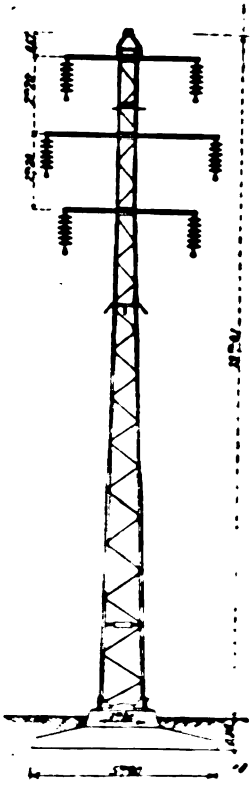


Fig. 2. — Pylône métallique pour ligne à 100 000 volts avec semelle en ciment armé.

A l'heure actuelle la **Compagnie auxiliaire d'Electricité et d'Entreprise** a construit 175 kilomètres de lignes à 100 000 volts et 100 kilomètres de lignes à 45 000 volts; elle a en construction 120 kilomètres de lignes à 100 000 volts. Toutes les lignes sont à 6 câbles conducteurs plus un câble de terre.

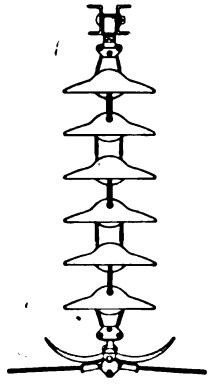


Fig. 3. — Chaîne d'isolateurs pour ligne suspendue à 100 000 volts.

Les caractéristiques de la construction de la **Compagnie auxiliaire d'Electricité et d'Entreprise** sont les suivantes :

Lignes à 100 000 volts, sur pylônes métalliques reposant sur des semelles en ciment armé avec isolateurs suspendus de la Compagnie générale d'Electro-Céramique, attaches de la Compagnie auxiliaire d'Electricité et d'Entreprise.

Lignes à 45 000 volts sur pylônes

Digitized by Google

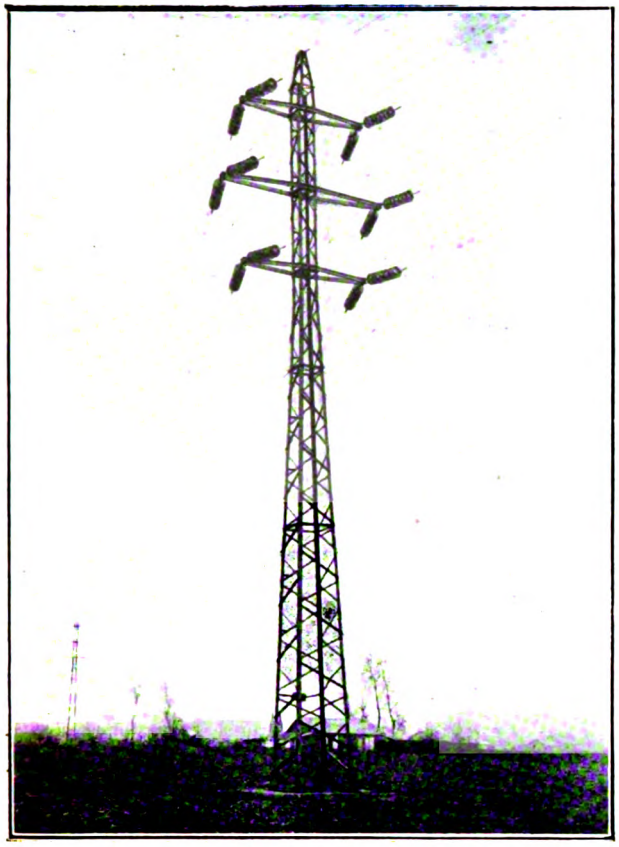


Fig. 4. — Pylone d'angle pour ligne suspendue à 100 000 volts.

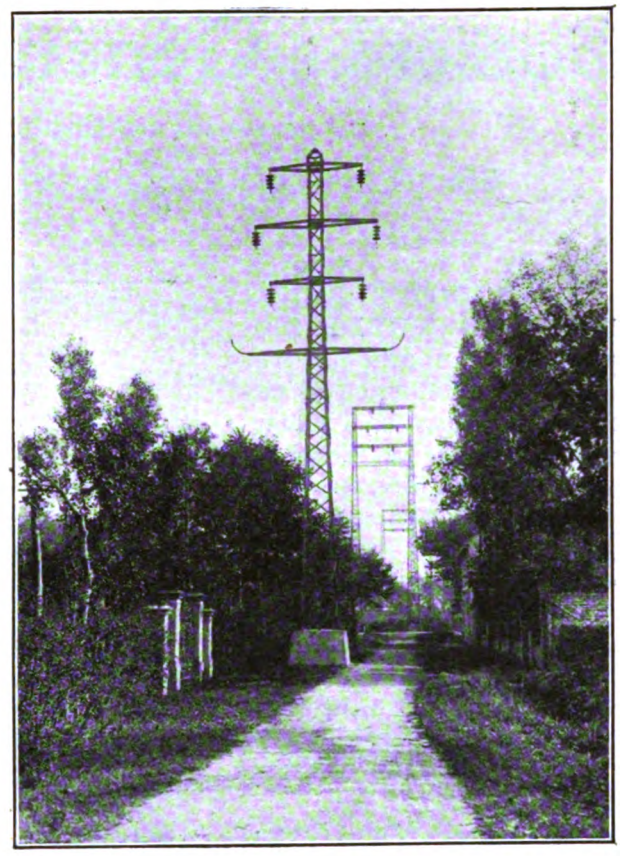


Fig. 5. — Pylone d'alignement et portiques spéciaux de ligne suspendue à 100 000 volts.

en ciment armé encastrés dans des semelles en ciment armé, avec isolateurs supports. Ces pylônes ont été étudiés par la Maison Pelnard-Considère, Caquot et Cie.

L'emploi des semelles indispensable dans la région du Nord, en raison de l'inconsistance des terrains, a été, après étude, généralisé et adopté même dans le bon sol.

Indépendamment de la branche électrique la **Compagnie auxiliaire d'Electricité et d'Entreprise** entreprend tous travaux publics ou privés et, en particulier, les cités ouvrières (800 maisons construites ou en construction dans le Pas-de-Calais), les installations minières de surface, etc...

Elle a en construction, pour l'exploiter ensuite, un atelier de réparations de matériel de mine.

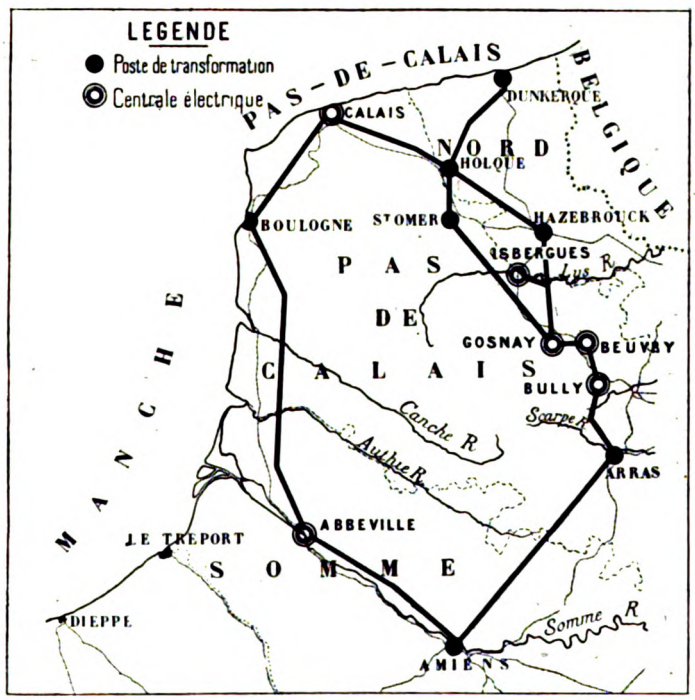


Fig. 6. — Plan du réseau à haute tension de la Société électrique du Nord-Ouest 100 000 volts et 45 000 volts

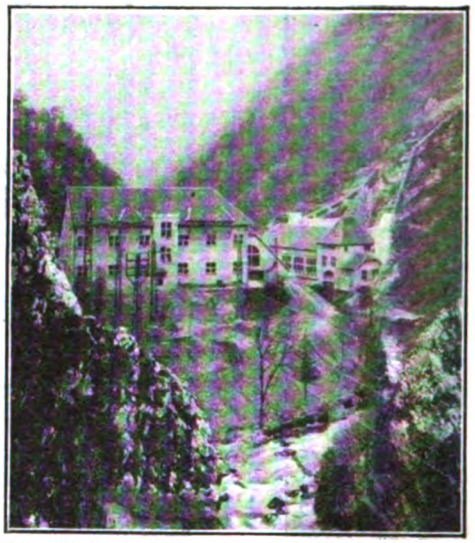
Digitized by Google

Société Générale d'Entreprises

Anonyme au Capital de 3 0000 000 francs

56, Rue du Faubourg-Saint-Honoré, 56 — PARIS (8e)

LA SOCIÉTÉ GÉNÉRALE d'ENTREPRISES exécute de nombreux travaux d'entreprises générales en France et à l'Etranger. Au point de vue électrique, elle s'est spécialisée, en particulier, dans l'aménagement complet des **usines hydroélectriques**, dans l'installation des **grandes centrales à vapeur**, dans la construction des **lignes de transmission d'énergie à très haute tension**, dans l'établissement des **chemins de fer électriques**, etc.



Usine hydroélectrique de la Loue, 14 000 chevaux

Puissance des usines hydro-électriques installées ou en cours d'installation (Déc. 1921 , 616 000 chevaux.

Longueur des réseaux de transmission d'énergie installés ou en cours d'installation : au-dessous de 45 000 v, 985 km. au-dessus de 45 000 v, 706 km.

Puissance des usines à vapeur installées ou en cours d'installation (Déc. 1921), 650 000 chevaux.

Chemins de fer — Chemins de fer Départementaux - Tramways-Omnibus électriques à trolley. 1 100 km.

Ensemble de la prise d'eau du Drac (en construction), 15 000 chevaux.

Centrale thermique de Comines (en construction) 200 000 chevaux.

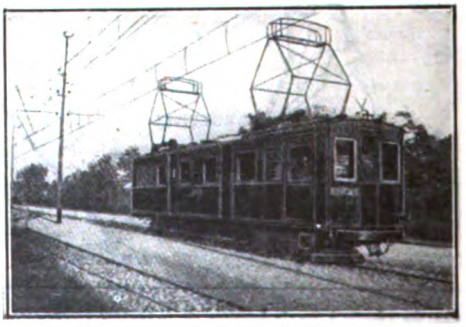
POSTES DE TRANSFORMATION

POSTES A 120 000 et 150 000 VOLTS

Basse-Isère, Haute-Isère, Compagnie électrique de la Loire et du Centre.

POSTES A 45 000 ET 60 000 VOLTS

Compagnie électrique de la Loire et du Centre. — Energie du Nord de la France. — Société des Forces Motrices de la Loue.



Tramways de la Haute-Vienne

LIGNES A 120 000 et 150 000 VOLTS

Commission technique du Comptoir d'Achat. — Énergie électrique de la Basse-Isère. — Compagnie du Chemin de fer du Midi. — Compagnie du Chemin de fer d'Orléans.

720 kilomètres.

Digitized by Google

Compagnie Générale d'Entreprises Electriques

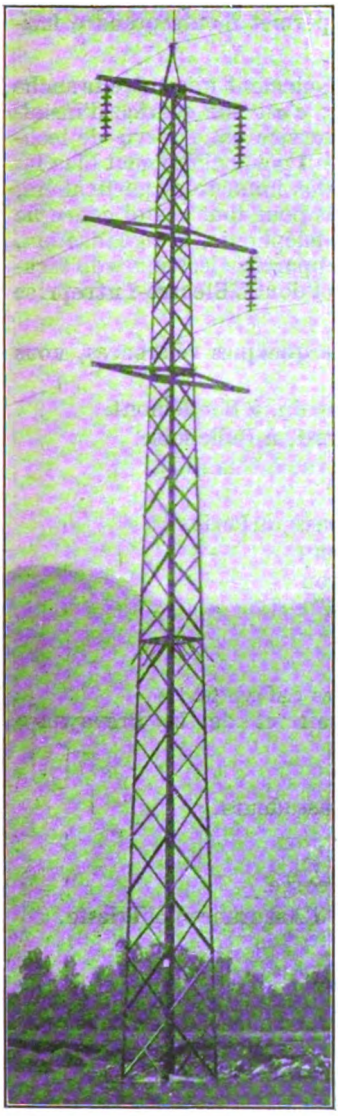
SOCIÉTÉ ANONYME AU CAPITAL DE 3 000 000 FRANCS

SIÈGE SOCIAL : 20, Rue du Laos, PARIS (XVe)

BUREAUX : A BORDEAUX, LILLE, LYON, NANCY

USINES : A PARIS ET A VILLEURBANNE

Télégramme : ENTRELEC-PARIS **Téléphone : SÉGUR 53-95 et 89-67**



Pylône d'alignement
pour transmission à 120 000 volts.

Depuis sa fondation, la C. G. E. E. manifeste son activité dans toutes les installations nouvelles. Ses alliances avec de nombreuses sociétés lui permettent de réaliser ses travaux dans des conditions particulièrement intéressantes pour ses clients.

La Commission technique des Houillères sinistrées lui a confié la fabrication de cabines métalliques de différents types permettant de réaliser, d'une manière rapide et pratique, des postes de transformation 15 000/3 000 volts répondant aux besoins les plus urgents des différentes compagnies sinistrées. Environ 2 500 cabines ont déjà été livrées.

La Compagnie générale d'Entreprises électriques a été chargée de l'équipement électrique de différents postes du réseau d'Etat : Bully-Grenay, Fourmies, Reims ; postes provisoires de Lomme, Valenciennes et Cambrai ; tous ces postes à 45 000 volts.

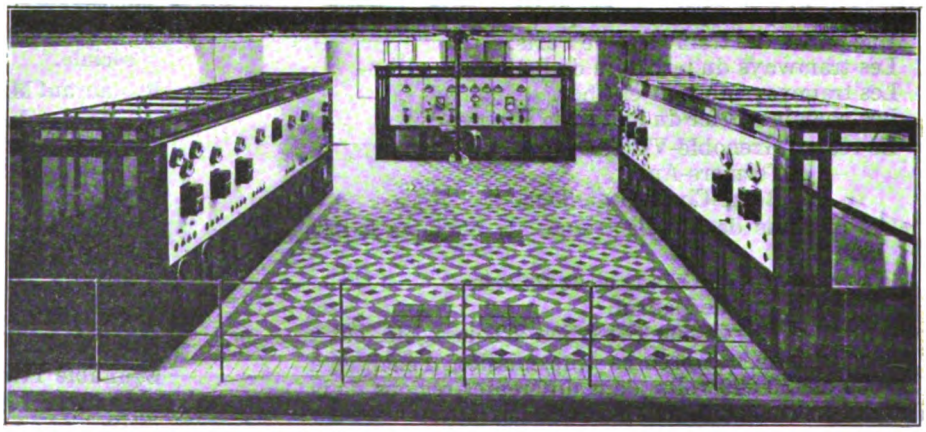
C'est également la C. G. E. E. qui a entrepris la construction du grand poste aérien d'Etat, de Landres, poste à 120 000, 65 000/17 300 volts.

Des industries privées ont souvent fait appel à la C. G. E. E. pour leurs installations : Manufacture de Saint-Gobain, Société des Hauts Fourneaux de Pont-à-Mousson, Société des Travaux Dyle et Bacalan, Société d'Electricité d'Angers, Compagnie des Chemins de fer Paris-Lyon-Méditerranée, etc.

Depuis longtemps déjà la C. G. E. E. a fait breveter un type de poteaux en ciment armé (type « Atlas »).

C'est elle qui a construit la première ligne à 120 000 volts établie en France pour la Compagnie des Chemins de fer du Midi. Elle vient, d'ailleurs, d'être chargée par cette Compagnie de l'entreprise d'une partie importante de l'électrification du réseau du Midi.

En exécutant ces travaux à l'entière satisfaction de ses clients, la C. G. E. E. croit avoir fait œuvre utile et répondant parfaitement au but qu'elle s'est donné.



Société anonyme des Câbleries et Tréfileries d'Angers.
Tableau du poste de Montrejeau.

Digitized by Google

L'ELECTRO-ENTREPRISE

Société anonyme au Capital de 7 000 000 francs

43, Rue de la Bienfaisance — PARIS (8e)

La Société **L'Electro-Entreprise**, 43, rue de la Bienfaisance, à Paris, a été constituée par le groupement des Services électriques de deux très importantes et anciennes Maisons françaises :

La maison Baguès Frères.

La maison Bisson Bergès et Cie.

L'Electro-Entreprise, quoique de création relativement récente, s'est donc trouvée posséder de ce fait un personnel de premier ordre, une documentation très importante et une expérience qui sont l'apanage des vieilles maisons.

Son capital initial de 2 millions de francs a été porté rapidement à 4 millions, puis à 5 millions et dernièrement à 7 millions de francs.

Cette Société a ainsi à son actif l'exécution de très nombreux travaux dans différentes branches.

Il faut remarquer, tout particulièrement, les travaux entrepris à Luchon et à Marignac pour le compte de la Compagnie d'Électricité industrielle (50 000 chevaux). Ces travaux comprennent :

Le montage de trois centrales hydroélectriques (puissance équipée, 38000 kilowatts);

Une transmission d'énergie à 120 000 volts;

Le réseau à 10 000 volts;

Les usines électrochimiques et électrométallurgiques pour l'utilisation de l'énergie produite par les centrales. Ces usines sont destinées à la fabrication du carbure de calcium, de la cyanamide et des sous-produits de la distillation du bois.

Ces travaux très importants ont amené **L'Electro-Entreprise** à s'adjoindre une spécialité de plus : celle de la construction des fours électriques.

Dans la branche « Traction électrique », les travaux exécutés, tant en France qu'à l'étranger, constituent des références de premier ordre. Pour ne rappeler que les principaux, nous pouvons citer :

Une partie des tramways de Paris.
Les tramways du territoire de Belfort.
Les tramways du Loir-et-Cher.
Les chemins de fer du Sud de la France.
Le réseau Grenoble-Vizille.
— Terniers-Anizy.
— Rome-Civita-Castellana.
Les chemins de fer électriques de Bergame à San Pellegrino.
Les tramways de Catane et de Palerme.
— de Madrid.
— de San Sébastien à Tolosa, etc, etc...

Ainsi que de nombreuses transmission d'énergie à 120 000 et 150 000 volts dans différentes régions de la France.

La compétence de **L'Electro-Entreprise** en ce qui concerne les questions de traction électrique a amené naturellement la Compagnie des Chemins de fer du Midi — la première Compagnie de Chemins de Fer en France, qui ait décidé d'électrifier son réseau — à lui confier ses travaux pour une première tranche de 300 kilomètres de ligne double :

Il s'agit de la ligne Toulouse-Tarbes-Pau-Dax, qui doit fonctionner électriquement cette année.

L'Electro-Entreprise est organisée pour faire des études d'électrification de chemins de fer dans tous les pays du monde et son personnel technique d'ingénieurs et de chefs monteurs lui permet d'entreprendre facilement ces travaux.

L'Electro-Entreprise a également une autre branche d'activité très importante : c'est son service d'installations immobilières. Ce service est pourvu de techniciens éprouvés, connaissant particulièrement bien les questions d'aménagement des immeubles particuliers, commerçants ou industriels pour tout ce qui concerne l'éclairage, le chauffage, la téléphonie, la signalisation, ainsi que l'installation des appareils électriques de sécurité contre l'incendie et le vol dont **L'Electro-Entreprise** possède le brevet.

Pour ne mentionner que quelques références, nous citerons entr'autres :

Château de MM. Empain, à Bouffémont.
— Ward, à Rolleboise.
— Stern, à Chantilly.
etc, etc.
Hôtel de La Ferronnays, à Paris.
— Seligmann —
— Boucheron —
— Renault —
— Gould —
etc, etc.
Magasins des Galeries Lafayette.
Ministère du Travail et de la Prévoyance sociale.
Restaurant Maxim's.
— des Ambassadeurs.
— Laurent.
— Garnier.
— King's George.
Compagnie générale d'Assurance La Trieste.
Phénix Espagnol.
Banque Morgan Harges.
Lloyd's Bank.
Lloyd de France.
Equitable Trust.
etc, etc.
Théâtre des Champs-Elysées.
Eden.
etc, etc.

Digitized by Google

— Téléphones —
Paris - Trudaine 40-51
Grenoble 13-80

— Télégrammes —
Taigue - Grenoble
Taigue - Paris

Theg

Travaux Hydrauliques et Entreprises Générales

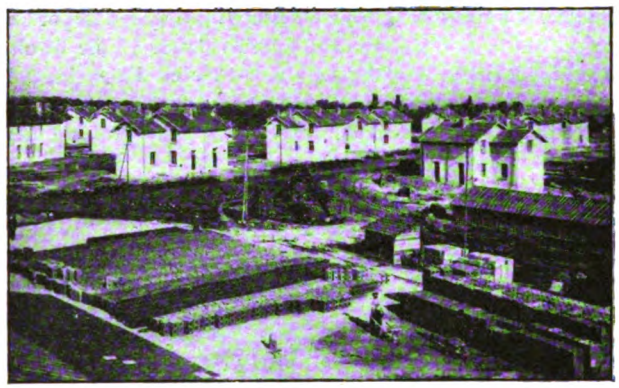
SOCIÉTÉ ANONYME AU CAPITAL DE CINQ MILLIONS DE FRANCS

Siège social : 2, rue de la Liberté, ***GRENOBLE***

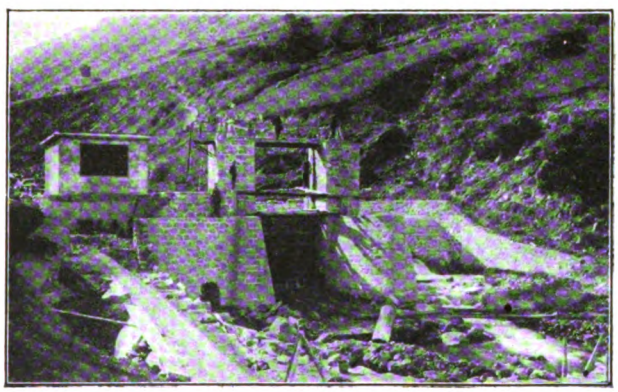
Bureau à Paris, 55, rue de Châteaudun

Cette Société, fondée en août 1919, au capital de 1 million de francs pour continuer et développer l'exploitation du fonds de commerce d'entreprise de travaux publics de la Maison Fayolle et Pascal de Grenoble, a dû, dès 1921, porter son capital à 5 millions de francs, tant en raison des importants marchés de travaux qu'elle a passés que des projets dont l'étude lui a été demandée.

L'expérience de ses fondateurs s'est affirmée dès sa constitution, non seulement dans l'exécution des travaux hydrauliques pour lesquels ils étaient plus spécialement qualifiés, mais encore dans les constructions industrielles de toutes sortes.



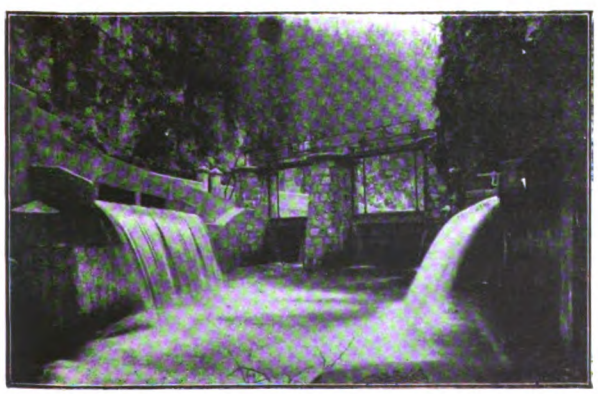
Sans rappeler les nombreux et importants aménagements de chutes d'eau de la région du Sud-Est auxquels ont participé ses fondateurs au titre d'entrepreneur général ou d'entrepreneur spécialisé, la Société *Travaux hydrauliques et entreprises générales* (" Theg "), peut, après deux ans d'existence, parmi ses entreprises en cours d'exécution ou déjà achevées, donner les suivantes en référence :



Construction d'une Cité ouvrière de 600 logements répartis en maisons de deux logements de 2, 3 et 4 pièces, pour la Société des Mines de Houille de Blanzy, à Montceau-les-Mines ;

Construction de 133 maisons ouvrières constituant plusieurs cités distinctes pour la Société des Mines de Dourges, à Hénin-Liétard (Pas-de-Calais) ;

Entreprise Générale d'aménagement d'une chute de 6 000 chevaux installée sur le Borne (Affluent de l'Arve) ;



Construction de grands halls industriels avec ossature en béton armé, à usage d'ateliers électrométallurgiques à Saint-Pierre de Rumilly et électrochimiques à Berre (Bouches-du-Rhône) ;

Travaux de terrassements pour construction d'une voie ferrée à écartement normal, à Montceau-les-Mines, et d'un embranchement industriel à voie normale, à Berre.

La Société " Theg " possédant un matériel d'entreprise important et moderne peut envisager la réalisation de tous travaux publics : chutes d'eau, bâtiments industriels, cités ouvrières, terrassements et ouvrages d'art.

Disposant aussi d'un bureau d'études complet, elle est à même de satisfaire, dans le moindre délai, à toutes demandes d'étude de projets quelconques.

Digitized by Google

Omnium Lyonnais

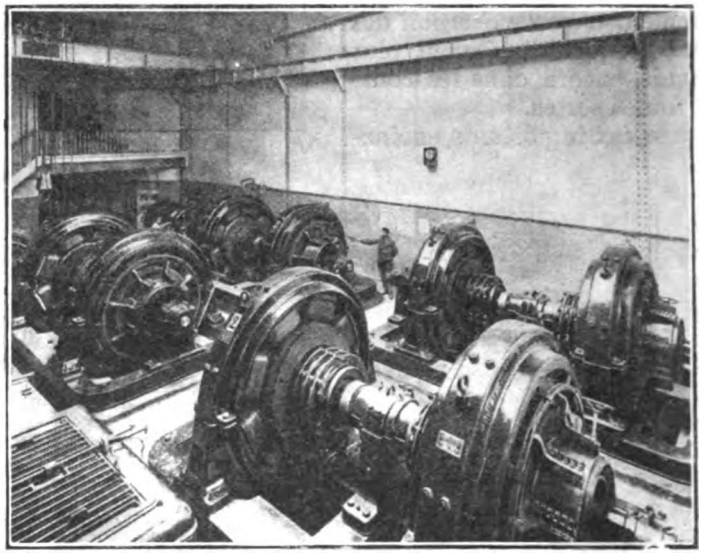
Société anonyme au Capital de DIX MILLIONS de francs

20, Rue d'Athènes -- PARIS (IXe)

L'Omnium lyonnais, créé en 1896 sous le nom « Omnium lyonnais de Chemins de fer et Tramways », s'est d'abord consacré à la construction et à l'exploitation d'un certain nombre de réseaux de tramways électriques en France. Il a également réalisé l'électrification de l'important réseau de la Compagnie des Chemins de fer à Voie étroite de Saint-Etienne, Firminy, Rive-de-Gier et Extensions. Il participe à l'exploitation des Chemins de fer sur Routes d'Algérie (réseau électrique et réseau à vapeur) et des Tramways de Genève.

L'œuvre la plus importante réalisée dans cet ordre d'idées est le *Chemin de fer électrique souterrain Nord-Sud de Paris,* dont les travaux de construction, qui ont duré de 1905 à 1912, ont été entièrement dirigés par l'Omnium lyonnais.

Le réseau du Nord-Sud comprend une ligne principale de la porte de Versailles à la porte de la Chapelle, d'une longueur de 13 kilomètres, et une ligne d'embranchement, d'une longueur totale de 3 kilomètres, allant de la gare Saint-Lazare à la porte de Saint-Ouen, avec bifurcation sur la porte de Clichy.



Sous-station " Tivoil " du Chemin de fer Nord-Sud.
Commutatrices doubles pour système de traction à deux ponts à 600 volts

Le nombre total de voitures motrices est de 100 ; celui des remorques, de 126.

Le réseau est alimenté par 3 sous-stations, d'une puissance installée totale de 16 500 kilowatts, reliées par un réseau de câbles souterrains d'un développement total de 50 kilomètres aux usines de la Société d'Electricité de Paris, à Saint-Denis, et de l'Union d'Electricité, à Vitry.

Le système d'alimentation électrique des trains comporte des dispositions qui, au moment de l'établissement du réseau, n'avaient encore été employées nulle part à la même échelle. C'est ainsi que fut adopté un système à deux ponts à 600 volts avec neutre au rail de roulement. Ce système permet de profiter des avantages de la tension de 1 200 volts, tant au point de vue de la réduction des pertes d'énergie qu'à celui de la suppression pratiquement complète des courants de retour dans les rails de roulement, sans avoir besoin d'isoler aucune partie des installations pour plus de 600 volts, tension classique à l'époque en traction électrique pour tramways et métropolitains.

Chaque train comporte deux motrices : l'une prenant son courant sur un fil aérien alimenté à + 600 volts, l'autre recevant son courant d'un rail latéral à — 600 volts ; suivant la pratique usuelle en Métropolitain. La ligne aérienne de traction sur laquelle des frotteurs peuvent capter jusqu'à 1 000 ampères avec des vitesses atteignant 40 kilomètres à l'heure, sans aucune usure appréciable, a été une innovation d'autant plus intéressante que le gabarit étroit du souterrain interdisait toute complication dans la suspension de la ligne.

Les sous-stations comportent des installations spécialement adaptées au système à deux ponts et qui ont nécessité une étude approfondie.

Le réseau, très accidenté, comporte des installations électriques importantes de signalisation, d'éclairage, d'épuisement, de moyens mécaniques d'ascension.

Le succès technique du Nord-Sud se manifeste par le petit nombre des interruptions de service et par le peu d'entretien exigé par le matériel. Les résultats obtenus dans cet ordre d'idées pour le matériel roulant, la voie et la ligne aérienne de prise de courant sont tout à fait remarquables.

Depuis la guerre, l'Omnium lyonnais s'est plus particulièrement consacré à des entreprises de transport d'énergie. C'est ainsi qu'il est appelé à diriger la construction de l'important réseau de la *Société électrique de la Sidérurgie lorraine,* sur laquelle une notice est insérée dans le présent recueil.

Il a également constitué un important département d'aménagement et d'exploitation de mines métalliques.

Digitized by Google

L'AMÉNAGEMENT

DES CHUTES D'EAU EN FRANCE

L'effort passé. — L'avenir.

L'aménagement des chutes d'eau marque, en France, un temps d'arrêt. Le contraire serait surprenant : les dépenses d'établissement nécessitées par la construction d'une usine hydroélectrique ont augmenté en d'inimaginables proportions, alors que le nombre de kilowatts-heure vendus, entre lesquels se répartit la charge annuelle fixe correspondante, est resté stationnaire, lorsqu'il n'a pas diminué. L'application de la loi de 8 heures coïncidant avec le chômage de nombre d'industries ont, en effet, notablement restreint la demande d'énergie et rendu les sociétés hydroélectriques et leurs bailleurs de fonds, pour un temps, plus circonspects. Nous ne parlons pas de la sécheresse qui est venue accroître encore les difficultés de l'année 1921, mais que l'on peut considérer comme un phénomène purement accidentel contre le retour duquel, néanmoins, il sera prudent de se prémunir.

L'heure est donc propice au recueillement. Profitons-en pour jeter un regard vers le passé et nous rendre compte de l'effort accompli au cours des trente dernières années.

Pour suivre cet effort pas à pas, année par année, il est un indice très significatif et auquel, cependant, jamais encore on n'a songé à recourir : nous voulons parler du montant annuel des appels de capitaux actions ou obligations faits par les sociétés hydroélectriques depuis 1890. Les chiffres ainsi obtenus ne représentent pas, certes, l'exacte valeur des immobilisations des entreprises qui sont l'objet de cette étude, puisqu'ils ne comprennent ni les emprunts particuliers ni, surtout, les réserves investies à nouveau. Tels quels cependant, ils permettent de se faire une idée assez exacte des diverses étapes qui ont marqué le développement de l'industrie hydroélectrique en France.

Notre enquête a porté sur 188 sociétés parmi lesquelles 139 ont pour objet principal la transmission et la distribution de l'énergie et 49 s'adonnent plus spécialement à la fabrication des produits électrométallurgiques et électrochimiques.

Digitized by Google

Dans la première catégorie, nous n'avons retenu que les entreprises qui s'alimentent, sinon en totalité, du moins pour la plus grande partie, à des sources d'énergie hydrauliques et, dans la seconde, nous avons laissé de côté les firmes pour lesquelles les fabrications électrochimiques ou électrométallurgiques ne sont qu'une branche accessoire de l'activité sociale.

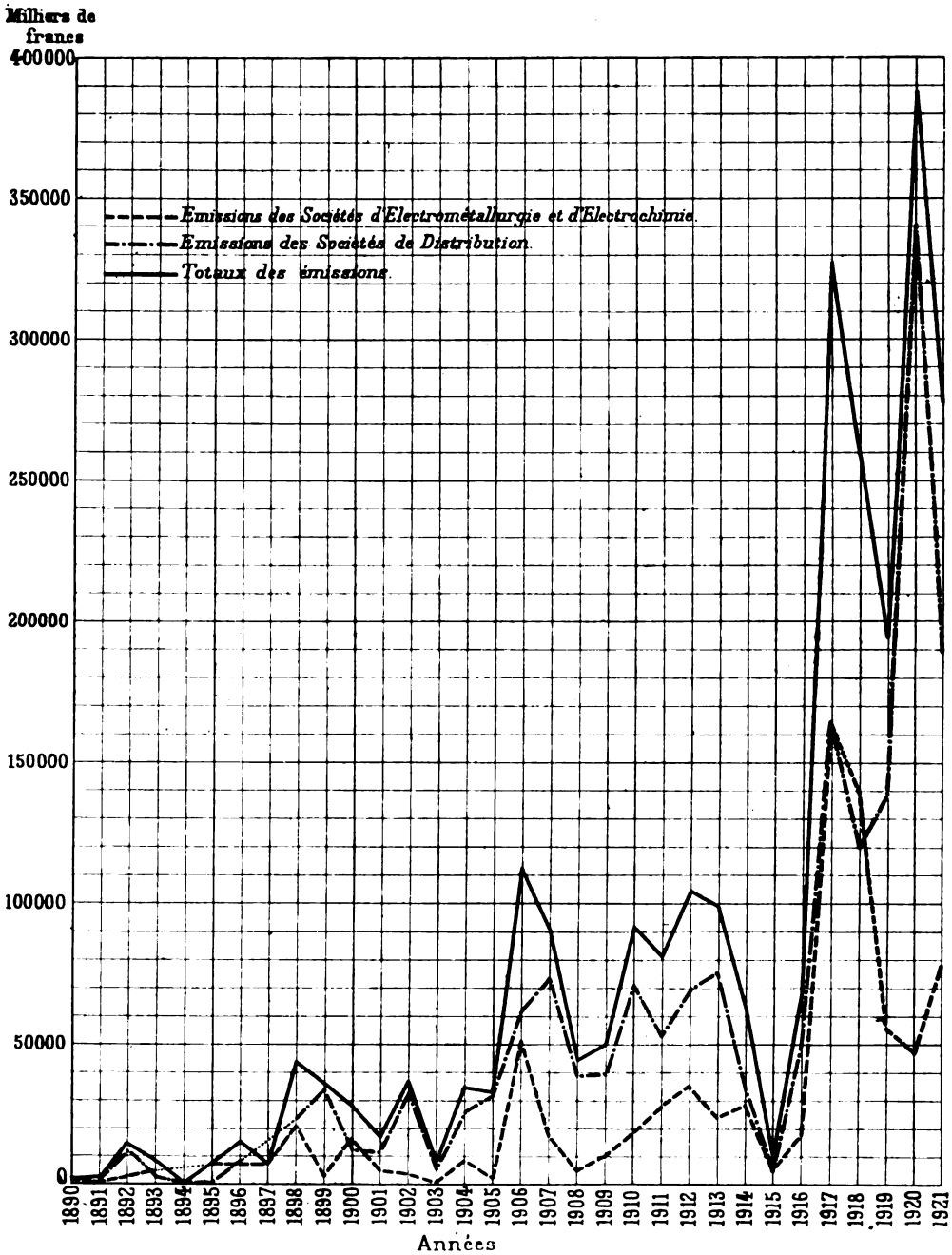
Tableau des émissions annuelles des sociétés d'électrométallurgie et d'électrochimie et des sociétés de distribution.

ANNÉES	ÉLECTROMÉTALLURGIE ET ÉLECTROCHIMIE en milliers de francs	DISTRIBUTION en milliers de francs	TOTAL en milliers de francs	TOTAUX CUMULÉS en milliers de francs
1890.....	600		600	600
1891.....	250	1 100	1 350	1 950
1892.....	2 315	12 000	14 315	16 265
1893.....	5 050	3 000	8 050	24 315
1894.....	»	200	200	24 515
1895.....	7 100	200	7 300	31 815
1896.....	7 200	8 243	15 443	47 258
1897.....	6 800	»	6 800	54 058
1898.....	20 800	22 700	43 500	97 558
1899.....	2 800	33 360	36 160	133 718
1900.....	15 756	12 222	27 978	161 696
1901.....	5 100	11 777	16 877	178 573
1902.....	3 600	32 375	35 975	214 548
1903.....	400	6 315	6 715	221 263
1904.....	8 890	25 652	34 542	255 805
1905.....	2 000	31 221	33 221	289 026
1906.....	51 150	61 631	112 781	401 807
1907.....	17 275	73 575	90 850	492 657
1908.....	5 050	39 254	44 304	536 961
1909.....	10 200	39 694	49 894	586 855
1910.....	18 300	71 908	90 208	677 063
1911.....	27 882	53 737	81 619	758 682
1912.....	34 380	69 673	104 053	862 735
1913.....	24 300	75 236	99 536	962 271
1914.....	28 800	34 480	63 280	1 025 551
1915.....	5 375	5 000	10 375	1 035 926
1916.....	18 250	50 000	68 250	1 104 176
1917.....	162 700	164 795	327 495	1 431 671
1918.....	139 200	119 700	258 900	1 690 571
1919.....	56 500	138 497	194 997	1 885 568
1920.....	47 500	340 418	387 918	2 273 486
1921.....	89 000	189 760	278 760	2 552 246

Enfin, nous avons considéré comme année de l'émission celle où a paru l'avis au « Bulletin des Annonces légales » ou à défaut celle où les assemblées générales ont décidé soit l'augmentation du capital, soit l'émission d'obligations.

Digitized by Google

Si l'on consulte le tableau précédent, ainsi que la figure ci-dessous qui reproduit graphiquement les trois premières colonnes de ce tableau, on voit,



Graphique des émissions annuelles des Sociétés d'électrométallurgie et d'électrochimie et des Sociétés de distribution.

Digitized by Google

d'un coup d'œil, le chemin parcouru par l'industrie hydroélectrique en trente ans : de 1890 à la fin de 1921, le total des émissions cumulées atteint 2 552 246 000 francs.

La progression n'a certes pas été continue : jusqu'en 1897, la moyenne des émissions annuelles ne dépasse pas 10 millions de francs provenant pour une bonne part d'entreprises depuis longtemps en fonctionnement qui s'orientent vers l'électrochimie ou l'électrométallurgique. Vers la fin du siècle, les grandes sociétés de distribution se constituent et le volume des émissions annuelles jusqu'en 1905 passe de 10 à 30 millions de francs environ. A partir de 1905, les deux branches de l'industrie hydroélectrique se développent considérablement, surtout la distribution, qui prend une remarquable extension. Jusqu'en 1914, les émissions totales annuelles approchent de 100 millions de francs, lorsqu'elles ne les dépassent pas, comme en 1906 et 1912.

L'ouverture des hostilités marque un arrêt très sensible avec l'année 1915 où 10 millions de francs seulement ont été demandés à l'épargne, inquiète et absorbée par de multiples préoccupations. Mais, dès 1916, on note une reprise notable. L'électrochimie et l'électrométallurgie sollicitent 18 millions, les distributions 30 millions de francs. Puis vient le brusque saut de 1917-1918, alors que les fabrications de guerre imposent au pays un effort surhumain : 327 millions de francs en 1917, 259 millions en 1918 sont apportés par le public. L'armistice conclu, il y a ralentissement dans la branche électrométallurgie et électrochimie qui de 139 millions de francs revient à 56 et 47 pour remonter à 89 millions en 1921, tandis que les distributions, entraînées par la vitesse acquise, obligées d'achever, à grands frais, les travaux entrepris pendant la guerre, demandent encore à l'épargne 119 millions de francs en 1918, 138 millions en 1919, 340 millions en 1920 pour revenir à 189 millions en 1921.

Ces 2 500 millions de francs confiés à l'industrie hydroélectrique ont puissamment contribué à développer l'outillage national. D'abord en aidant à la diffusion de l'énergie électrique en France : supprimez, par la pensée, toutes les centrales hydrauliques affectées à la distribution dans la moitié sud de notre pays et représentez-vous ce que serait la vie industrielle dans ces régions, déshéritées au point de vue de leur ravitaillement en charbons. Les grandes agglomérations auraient sans doute été pourvues de centrales thermiques, mais au prix d'une consommation supplémentaire de 2 à 3 millions de tonnes de houille. Quant aux localités de moindre importance, elles ignoreraient encore les bienfaits de l'électricité. Et surtout, les fabrications électrométallurgiques et électrochimiques n'auraient pas atteint le développement que l'on sait et l'on se demande avec angoisse comment, sans elles, il eût été possible de pourvoir aux besoins de la défense nationale pendant les périodes critiques de la dernière guerre.

Actuellement, comment la situation se présente-t-elle en ce qui concerne l'aménagement des chutes, étant donné le coût d'établissement des travaux

Digitized by Google

hydrauliques, d'une part, et, d'autre part, les débouchés possibles du courant.

Il est un fait que le coût d'établissement des travaux hydrauliques est devenu prohibitif pour les industries électrométallurgiques et électrochimiques. Le prix de revient moyen de l'énergie électrique aux bornes des usines construites aujourd'hui ressort à 0,08 fr environ le kilowatt-heure en supposant un coefficient d'utilisation de 50 pour 100, et beaucoup de fabrications spéciales ne peuvent payer plus de deux à trois centimes et parfois moins encore.

Il ne viendra donc plus à l'idée d'un électrométallurgiste ou d'un électrochimiste de construire, de toutes pièces, une centrale électrique dont il réserverait la totalité du courant à ses fabrications.

D'autant plus qu'une crise terrible sévit sur tous les produits du four électrique. Cette industrie vivait avant la guerre de l'exportation et possédait une avance réelle sur l'étranger. Or, à la faveur de la guerre, non seulement en France, mais chez les alliés, les neutres et les ennemis, des usines ont été édifiées. Il y a aujourd'hui, dans le monde entier, surproduction. Chaque nation élève à ses frontières de formidables barrières douanières et nous voyons se fermer peu à peu, devant nous, les marchés extérieurs.

Prenons, par exemple, l'aluminium : avant la guerre la production française était absorbée, jusqu'à concurrence de 6000 tonnes environ, par la France et le reste, par l'exportation.

Les exportations avaient pour destinations principales :

Allemagne	5 100 tonnes
Etats-Unis	700 —
Russie	500 —
Angleterre	350 —

Depuis la guerre, le marché américain est devenu inaccessible aux exportations, par suite de l'accroissement formidable de l'industrie américaine, complété par un relèvement des droits de douane prohibitif.

D'autre part, le marché allemand, qui était notre principal consommateur, nous est fermé, parce que, pendant la guerre, l'Allemagne, qui ne possédait aucune usine d'aluminium, s'est organisée pour en produire 30 000 tonnes, quantité qui correspond à trois ou quatre fois sa consommation.

Le marché russe, qui absorbait une grande quantité d'aluminium, transformé pour partie en Allemagne et en Suisse, n'existe plus.

Les usines françaises d'aluminium n'ont donc comme ressource que le marché national, lequel ne peut absorber, en mettant les choses au mieux, que le quart ou le cinquième de la production.

Il en est de même pour les ferros. Nos principaux débouchés étaient, pour ces produits, l'Angleterre, l'Allemagne et l'Amérique. Or, en Angleterre, nous devons lutter contre la concurrence scandinave qui dispose d'énergie électrique à

Digitized by Google

meilleur marché que nous. L'Allemagne s'est mise, depuis la guerre, à fabriquer des ferros en brûlant des lignites pour produire son énergie; ses bas prix de revient, joints à la protection féroce que lui assure le gouvernement du Reich, réduisent à rien nos ventes dans ce pays.

Enfin, depuis la crise, la demande de l'Amérique s'est bien restreinte. Quelques chiffres sont significatifs; en 1912, nous avons produit 9 103 tonnes de ferro-chrome; en 1920, cette production a été de 1 055 tonnes; en 1921, elle est tombée à 394 tonnes. Nous donnons, ci-dessous, la part qui revient, dans ces chiffres totaux, au marché intérieur et à l'étranger pour les années 1920 et 1921 :

		Kilogrammes
1920	France	162 038
	Etranger	893 229
1921	France	55 216
	Etranger	339 003

Pour le ferro-silicium, notre production était, en 1912, de 11 050 tonnes (livraisons en France et à l'étranger tonnage réduit à 50 pour 100) : en 1920, elle a diminué de moitié, 6 563 tonnes, et en 1921, elle n'a pas dépassé 4 349 tonnes.

Nous donnons ci-dessous la répartition entre la vente en France et la vente à l'étranger pour les années 1920 et 1921 :

		Francs
1920	France	4 451 674
	Etranger	2 112 217
1921	France	2 587 195
	Etranger	1 752 122

Nous pourrions citer d'autres exemples. L'aluminium et les ferros ne sont pas des exceptions. Il nous serait facile d'en dire autant de maints autres produits du four électrique.

Est-ce à dire que l'énergie hydroélectrique verra se fermer à tout jamais le débouché précieux que constituent pour elles les fabrications électrochimiques et électrométallurgiques?

Nous ne le pensons pas. Mais il ne faudra plus que l'industrie électrométallurgique et électrochimique asservisse la chute à ses besoins exclusifs. C'est elle, au contraire, qui devra s'adapter aux fantaisies des débits.

En d'autres termes, il faut revenir à une formule qui n'est pas nouvelle puisque des auteurs qualifiés l'ont dégagée au début du siècle avec une remarquable netteté : réserver aux fabrications spéciales les excédents journaliers ou saisonniers aujourd'hui perdus et livrer le surplus de l'énergie hydroélectrique aux réseaux de distribution.

Digitized by Google

En effet, la distribution publique de l'énergie offre un débouché quasi illimité, son développement ne dépend que du crédit des sociétés qui l'assurent et, partant, des tarifs qu'elles seront autorisées à percevoir sur les usagers. Mais quoi qu'on fasse, la distribution ne peut absorber, suivant les variations du débit, toute l'énergie que la chute peut produire. Même, si l'on suppose une usine hydroélectrique parfaitement régularisée, il y aura des heures creuses où la vente est nulle, d'où perte pour l'usinier et pour le pays.

C'est pis encore lorsque l'usine est affectée à des fabrications électrochimiques et électrométallurgiques : qu'il survienne une période de crise, de mévente, l'eau est détournée des turbines, d'où perte pour l'usinier dont les charges des capitaux immobilisés continuent à courir sans recette correspondante, et perte pour la collectivité pour le gaspillage d'énergie dont le besoin se fait peut-être sentir lourdement à quelques kilomètres de là.

Résumons-nous : le temps d'arrêt dans la mise en valeur de nos fleuves et de nos torrents, que nous avons noté au début de nos observations, ne saurait se prolonger sans dommage pour le pays. Ceux qui prétendent qu'aménager une chute d'eau en ce moment est une folie en raison des sommes considérables qu'il faut immobiliser et de la charge constante qui en résultera pendant trente ou quarante exercices, font preuve d'aussi peu de bon sens que ceux qui protestent contre les augmentations de tarifs des sociétés hydroélectriques anciennes sous prétexte que l'usine et le réseau datent d'un temps où l'argent était abondant et bon marché. Ceux qui soutiennent qu'il y a trop de chutes en fonctionnement et qu'il ne faut pas pour l'instant en augmenter le nombre ne voient qu'un côté de la question. S'il y a pléthore d'énergie dans une région, ce n'est pas faute de débouché, mais de liaison vers les centres de consommation.

Le but vers lequel on doit tendre est double : améliorer la production de l'énergie hydroélectrique de manière à suivre en toute saison les variations de la demande ; assurer la complète utilisation des kilowatts-heure produits, ce qui permettra d'abaisser notablement le prix de vente moyen de l'énergie.

Cela suppose une organisation quasi nationale de la production et de la distribution de l'énergie.

Les sociétés hydroélectriques ont compris, en général, la nécessité de réaliser ce programme. Elles sont de taille à le mener à bien, si les intérêts particuliers, départementaux et communaux ne viennent pas se mettre en travers.

G. Tochon.
Secrétaire général de la Société hydrotechnique de France.

Digitized by Google

Compagnie de Produits Chimiques et Électrométallurgiques
ALAIS, FROGES et CAMARGUE

Société anonyme au Capital de 160 000 000 francs

Siège social à LYON, 9, Rue Grolée — Siège administratif à PARIS, 126, Rue La Boëtie 8e

Origines.

En janvier 1853, M. Henry Merle, demeurant à Alais (Gard), créait, au capital de 600 000 fr, une Société en commandite sous la raison sociale « Henry Merle et Cie ». En 1877, décès du gérant, remplacé par M. Alfred Rangod, dit Pechiney; la raison sociale devint « Société A.-R. Pechiney et Cie », transformée en société anonyme en 1896 sous la raison sociale « Compagnie des Produits chimiques d'Alais et de la Camargue, ancienne Société A.-R. Pechiney et Cie ». En 1914, absorption de la Société de Produits électrochimiques et métallurgiques des Pyrénées. En 1916, absorption de la Société des Forces motrices et Usines de l'Arve. En 1921, par suite de son union avec la Société électrométallurgique française, la raison sociale devient : « Compagnie de Produits chimiques et électrométallurgiques Alais, Froges et Camargue ».

Capital.

160 millions de francs en 320 000 actions de 500 francs.

Année sociale.

De janvier à décembre. Assemblée générale ordinaire dans le premier semestre.

Répartition des bénéfices.

5 pour 100 à la réserve légale, 5 pour 100 aux actions; une somme pour provisions et prévisions; sur le solde, 10 pour 100 au Conseil, 90 pour 100 aux actionnaires.

Cotation des titres.

Bourses de Lyon et de Paris, au comptant (première partie de la cote) et à terme.

Installations. Usines hydrauliques.

En Savoie, jalonnant la vallée de l'Arc :

l'usine de La Praz, édifiée en 1893 en aval de Modane, puissance aménagée 12 900 chevaux;

à l'aval de La Praz, l'usine de La Saussaz, à Saint-Michel de Maurienne (1903), puissance aménagée 17 800 chevaux;

l'usine de Calypso (1891), puissance aménagée 21 000 ch ; Calypso reçoit un supplément d'énergie de la station de Saint-Félix ;

l'usine de Saint-Jean de Maurienne ou des Plans (1906-1907), puissance aménagée 25 000 chevaux ; Saint-Jean reçoit un supplément d'énergie de la station de Pontamafrey ;

l'usine d'Epierre.

En Haute-Savoie :

l'usine de Chedde (1895), puissance aménagée 18 100 chevaux.

Dans les Hautes-Alpes :

l'usine de L'Argentière La Bessée (1910) puissance aménagée 45 000 chevaux.

Dans l'Ariège :

l'usine d'Auzat (1908), puissance aménagée 21 000 chevaux.

Dans l'Isère :

l'usine de Froges.

Usines thermiques :

l'usine de Salindres (Gard);
l'usine de Saint-Auban (Basses-Alpes);
l'usine d'Eguilles (Vaucluse ;
l'usine de Gardanne (Bouches-du-Rhône);
l'usine de Salin-de-Giraud (Bouches du Rhône ;
l'usine du Chambon (Loire).

Domaines agricoles.

En Camargue.

Mines.

Lignites : Manosque et Lincel Saint-Martin B.-A.
Spath fluor : dans le Puy-de-Dôme.
Bauxites : dans les départements des Bouches-du-Rhône, de l'Hérault et du Var.

Production.

Aluminium et alliages d'aluminium en lingots, en plaques, profilés, tôles, tubes, fils, etc., ustensiles et appareils en aluminium pur, ferro-tungstène, ferro-chrome affiné, ferro-silicium, manganèse et cupro-manganèse, acier électrique pour outils et moulages, aciers spéciaux procédés Froges-Héroult pour la fabrication électrométallurgique de l'acier, bauxites, spath fluor.

Alumine, sulfate d'alumine, minium spécial, matières épurantes pour usines à gaz, sel marin, acide chlorhydrique, acide sulfurique, chlore liquéfié, trichloréthylène, tétrachloréthane, acide monochloracétique, chlorure de chaux, eau de Javel, soude caustique, cristaux de soude, lessive de soude, sulfate de soude, anhydride sulfureux liquéfié, sulfites, bisulfites, métabisulfites de soude et de potasse, sulfure de sodium.

Chlorure de magnésium, sulfate de magnésie, carbonate de magnésie, chlorure de potassium, bromure potasse caustique, sulfate de cuivre, sulfate de fer, chlorates de potassium, de sodium, de baryte, carbure de calcium.

Conseil d'Aministration.

Président, M. G. Cordier; Vice-Présidents, MM. P. Bethmont, H. Roux de Bézieux, E. Vielhomme, L. Wolff; Vice-Président délégué, M. J. Level; Administrateurs-délégués, MM. E. Boyond, L. Marlio; Administrateurs, MM. P. Azaria, P. Bernard, A. Berdoulat, J. Biétrix, H. Bouchayer, E. Gillet, J. Gillet, R. Jarry, L. Merle, F. Nicolas, R. Piaton, R. Robard, J. Sennery, E. Souchon, G. Vésier.

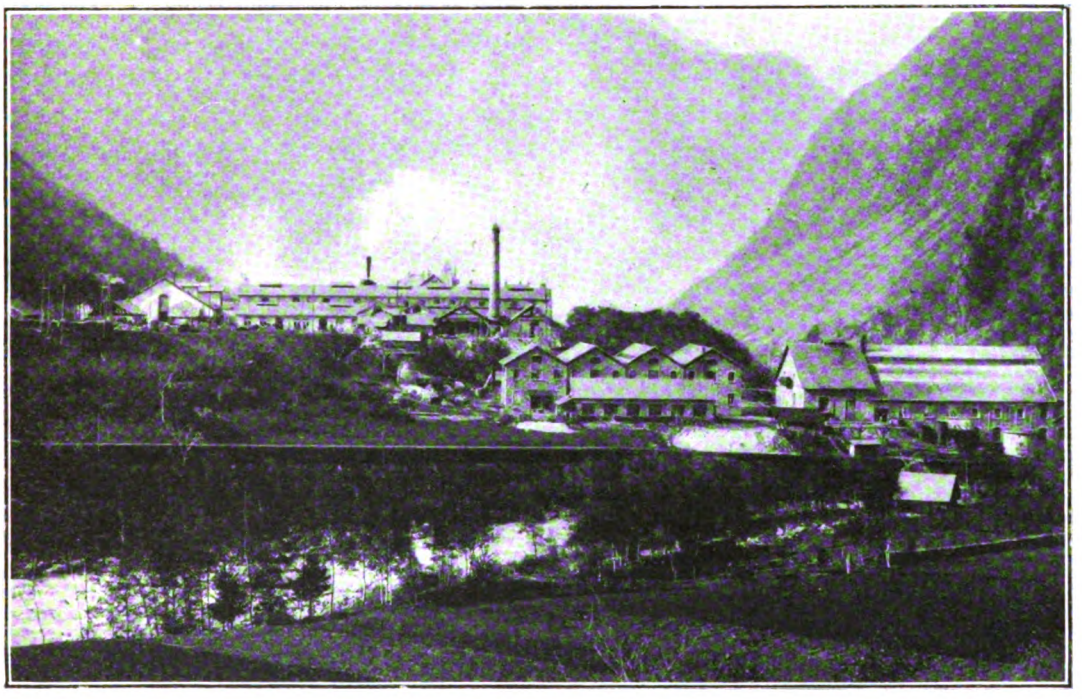
Digitized by Google

Compagnie Universelle d'Acétylène et d'Électro-Métallurgie

Société anonyme au Capital de 3 800 000 francs

Siège social : 6, RUE PIGALLE, 6 — PARIS (9e)

Usines : Dans la vallée de la Romanche, aux CLAVAUX, par RIOUPEROUX (Isère)



Usine des Clavaux (25 000 chevaux) : Vue générale

PRODUCTION DE L'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE

TROIS CHUTES D'EAU

	Hauteur de chute MÈTRES	Débit utilisé M³ : S	Puissance aménagée CHEVAUX
Pierre Eybesse....	42	14	6 000 (chute donnée en location à une autre société)
Les Clavaux.....	31	20	6 000
Les Roberts.....	42	30	12 000

UTILISATION DE L'ÉNERGIE ELECTRIQUE

USINE DE FABRICATION DES CLAVAUX, production de :

CARBURE DE CALCIUM —:— FERRO-ALLIAGES
PRODUITS ÉLECTROMÉTALLURGIQUES ET SIDÉRURGIQUES

Digitized by Google

Société

des

Hauts Fourneaux et Forges d'Allevard

Les usines d'Allevard, situées à 40 km de Grenoble, comptent parmi les plus anciennes de France. L'usine de la Gorge, en effet, existait antérieurement au XIIIe siècle, ainsi que l'atteste un acte en date du 7 septembre 1247 conservé dans les archives de la Société.

Les excellents minerais de la région, la présence de l'important torrent du Bréda expliquent l'origine si reculée, puis le développement de la métallurgie dans cette belle région des Alpes, et le nom d'Allevard reste attaché à bien des progrès de l'industrie sidérurgique.

A la fin du XVIIIe siècle, les fontes d'Allevard sont déjà très appréciées par la fonderie royale de canons de Saint-Gervais.

En 1842, l'ensemble des établissements devient la propriété d'une société en commandite. En 1906 elle se transforme en une société anonyme. Son capital actuel est de 4 000 000 francs.

Les produits d'Allevard ont joué un rôle important dans la fabrication des bandages de chemin de fer et des premières plaques de blindage, fournies en 1858 pour le cuirassé « la Gloire ».

Vers 1895 s'ouvre l'ère de la houille blanche: la Société d'Allevard, sous l'impulsion de M. Charles Pinat, son associé-gérant est à la tête du magnifique mouvement de création d'énergie électrique qui se manifeste dans les Alpes. Ses stations électriques, ses fabrications métallurgiques se développent et lui assurent, au cœur des Alpes françaises, de puissantes ressources.

Son domaine industriel se compose des mines de la Taillat, de stations hydroélectriques et d'usines métallurgiques.

Les principales stations sont :

celle de Pinsot	(4 200 kw).
du Bout du Monde	(5 600 kw).
du Parc	(1 200 kw).
de Veyton	(300 kw).

Les usines métallurgiques sont échelonnées depuis Allevard jusqu'à la vallée de l'Isère. Elles sont réunies entre elles et au réseau des Chemins de fer de Paris-Lyon-Méditerranée par un chemin de fer industriel de 14 km et par une ligne de transmission d'énergie à 40 000 volts, qui les alimente.

Elles comprennent :

l'usine de la Gorge à Allevard,
l'usine du Champ-Sappey, à Saint-Pierre d'Allevard,
la petite usine de l'Ourcière, pour la taillanderie,
la très belle et très moderne usine du Cheylas dans la vallée de l'Isère, aménagée pour la fabrication des ferros.

Les principales fabrications de ces 4 usines sont : les fontes, les ferro-alliages, les aciers à outils, les aciers spéciaux, les aciers pour mines, les ressorts et aciers à ressorts de carrosserie et de chemins de fer, les aimants et la taillanderie.

Les moyens matériels mis en œuvre, l'expérience du personnel, le contrôle exercé sur toutes les phases des fabrications assurent toute garantie à la clientèle pour l'excellente qualité des produits livrés par la Société des Hauts Fourneaux et Forges d'Allevard.

Digitized by Google

Société anonyme
des
Hauts Fourneaux, Forges et Aciéries du Saut-du-Tarn

Capital : 12 Millions de francs

Siège social : 23, Rue du Rocher à PARIS (8e)

La Société anonyme des Hauts Fourneaux, Forges et Aciéries du Saut-du-Tarn, bien que constituée seulement en 1881, a aujourd'hui près d'un siècle d'existence, car sa forme actuelle n'est que le résultat des transformations qu'a subies l'entreprise de ses fondateurs : MM. Garrigou et Massenet (1824), continuée par MM. Talabot et Cie (1832) et la Société des Aciéries du Saut-du-Tarn (1870).

Des nombreux établissements qu'elle possède à Saint-Juéry, Albi, Alban, les Avalats, Ambialet (Tarn), Cosne (Nièvre), Saint-Omer (Pas-de-Calais), les plus importants, comme les plus anciens, sont ceux situés à Saint-Juéry, à l'endroit où le Tarn, abandonnant son cours torrentueux dans les gorges et les vallées profondes, entre dans la plaine d'Albi.

C'est là qu'un accident géologique (faille de roches micaschisteuses), localisé sur un espace de 600 mètres environ, a provoqué une dénivellation du lit de la rivière de près de 20 mètres, créant ainsi une chute naturelle dont le débit normal est de 30 mètres cubes par seconde.

Cette chute a été utilisée, semble-t-il, de temps immémorial, et sûrement depuis le XVe siècle, par des industries diverses, mais ce sont les fondateurs des établissements actuels, puis la Société du Saut-du-Tarn elle-même, qui en ont entrepris l'aménagement rationnel, en vue de son utilisation, directe à l'origine, ensuite sous forme électrique.

Les installations actuelles permettent de produire 5 000 chevaux.

Une installation nouvelle sur la rive droite, qui sera prochainement réalisée, complétera l'utilisation totale de la chute, en fournissant une puissance supplémentaire de 10 000 chevaux.

La Société exploite encore sur le Tarn, en amont de Saint-Juéry, les chutes des Avalats (1 000 chevaux) et d'Ambialet (3 000 chevaux).

Toutes ces installations hydroélectriques, réalisées ou en projet, ne constituent pas un but par elles-mêmes : elles ne sont pour la Société du Saut-du-Tarn qu'un moyen de se procurer, dans les meilleures conditions de prix de revient, l'électricité nécessaire à sa force motrice et à la fabrication, à Saint-Juéry, de ses aciers fins et spéciaux.

Ainsi abondamment pourvue d'énergie électrique, et propriétaire de la concession minière d'Alban-le-Frayssé, la Société du Saut-du-Tarn n'est obligée de se procurer au dehors que les combustibles ; or, ses usines ont le privilège d'être situées à proximité des Mines d'Albi et de Carmaux, ce qui leur assure un minimum de frais de transport.

Ce qui précède montre que la Société du Saut-du-Tarn réunit, de la façon la plus heureuse, les éléments essentiels de toute entreprise métallurgique ; elle n'a jamais voulu se livrer à la grande production, préférant réserver tous ses soins à la qualité des produits fabriqués.

Ceux-ci, en effet : fontes en gueuses, aciers moulés, aciers pour outils, aciers rapides, limes, faux, faucilles, outils de forge, de mine, d'agriculture, fraises et mèches en acier rapide, fontes moulées, machines agricoles, etc.... se recommandent surtout par une qualité véritablement supérieure. Cette supériorité de qualité, due à la nature du minerai employé, aux procédés de fabrication et de trempe, et à un service de contrôle rigoureux des produits, est particulièrement appréciée de la clientèle fidèle du Saut-du-Tarn.

Digitized by Google

Société d'Électro-Chimie, d'Électro-Métallurgie et des Aciéries Électriques d'Ugine

2, rue Blanche — PARIS (9e)

La Société d'Electro-Chimie a été fondée en 1889 en vue d'appliquer industriellement le procédé électrolytique de MM. Gall et de Montlaur pour la fabrication des chlorates de sodium et de potassium.

En 1915, la Société d'Electro-Chimie a acquis les usines que la Société « La Volta » possédait à Pomblière-Saint-Marcel (Savoie); puis, au mois d'octobre 1919, elle a fusionné avec la Société Electro-Chimique du Giffre et avec la Société des Carbures métalliques. C'est à ce moment qu'elle prit le nom de Société d'Electro-Chimie et d'Electro-Métallurgie.

Tout récemment, enfin, les Assemblées générales extraordinaires des actionnaires de la Société d'Electro-Chimie et d'Electro-Métallurgie et de la Compagnie des Forges et Aciéries électriques Paul Girod ont voté la fusion de ces deux entreprises. Cette fusion, qui coïncide avec l'achat de l'usine de Jarrie appartenant à la Compagnie nationale de Matières colorantes et de Produits chimiques, porte le capital de la Société à 54 450 000 francs que le Conseil a demandé l'autorisation d'élever ensuite à 80 millions de francs.

Indépendamment des chlorates dont la fabrication fut d'abord entreprise à l'Usine de Vallorbe (Suisse), puis ensuite à Saint-Michel-de-Maurienne, la Société fabrique dans ses différentes usines de nombreux produits parmi lesquels nous citerons les plus importants.

Le chlore et la soude électrolytiques, ainsi que le chlorure de chaux sont fabriqués à Pomblière-Saint-Marcel (Savoie) et à Jarrie (Isère).

Les anciennes usines du Giffre à Saint-Jeoire-en-Faucigny (Haute-Savoie) sont spécialisées dans la fabrication de ferro-alliages, notamment le ferro-silicium à toute teneur; le ferro-chrome ordinaire et affiné, le ferro-tungstène, le ferro-molybdène, le manganèse pur et tous alliages manganésés, les métaux réfractaires affinés, à très basse teneur de carbone.

Le carbure de calcium est produit par les usines de Notre-Dame-de-Briançon et de Saint-Avre-la-Chambre (Savoie) et, depuis quelque temps, également par l'usine de Saint-Michel-de-Maurienne qui fabrique aussi l'aluminium par le procédé universellement adopté : électrolyse ignée d'un mélange d'alumine pure et de cryolithe.

La fabrication du sodium fut installée en 1900 à l'usine des Clavaux (Isère). Jusqu'à cette époque, on n'avait jamais fabriqué, en France, plus de 50 kg de sodium par jour. Pendant la guerre, en 1915, on mit en route dans cette même usine la fabrication industrielle du magnésium, obtenue par l'électrolyse du chlorure anhydre fondu. Cette installation est encore à l'heure actuelle la seule qui fonctionne en France. On fabrique également aux Clavaux de l'aluminium, du calcium, du cérium, du peroxyde de sodium, de l'oxygène par voie électrolytique et des alliages ultra-légers, type « elektron ».

L'alumine nécessaire à la fabrication de l'aluminium est préparée à La Barasse (Bouches-du-Rhône) à partir des bauxites. Cette usine a remis en marche dernièrement sa fabrication de cyanure de sodium.

De même que celles de La Barasse, les usines de Pierre-Bénite (Rhône) et de Villers-Saint-Sépulcre (Oise) sont à proprement parler des usines purement chimiques. L'une et l'autre produisent de l'acide fluorhydrique, de l'eau oxygénée, de la cryolithe artificielle, du fluorure de sodium. En ce qui concerne leurs fabrications spéciales, nous citerons : pour Pierre-Bénite, l'oxygène, l'acétylène dissous; pour Villiers-Saint-Sépulcre, l'ammoniac anhydre ou en solution, le cyanure de sodium, le perborate de sodium, le carbonate d'ammoniaque.

Quant à l'usine de Martigny (Suisse), elle est spécialement outillée pour la fabrication du sodium et du peroxyde de sodium.

Il y a lieu de citer, enfin, l'usine hydroélectrique de Séchilienne, sur la Romanche (Isère), construite pendant la guerre, ainsi que l'usine de Fully, installée par M. Boucher, dont la force motrice utilise une chute brute de 1650 mètres et qui est une usine de secours destinée à suppléer, en hiver, aux manques d'eau dont souffrent toujours à cette saison les autres usines de la région.

La Société d'Electro-Chimie et d'Electro-Métallurgie ayant fusionné avec les Etablissements P. Girod possède à Ugine deux usines de fabrication bien distinctes : d'une part, l'usine d'alliages, d'autre part, l'aciérie.

L'usine d'alliages est spécialement consacrée à la fabrication des alliages ferro-métalliques au four électrique.

Les alliages fabriqués régulièrement sont : le ferro-silicium à différentes teneurs, le silico-aluminium, le silico-manganèse, le silico-mangano-aluminium, le silico-calcium-aluminium, le ferro-chrome, le ferro-tungstène et le ferro-molybdène.

L'usine livre également des alliages rares tels que le ferro-vanadium, le ferro-titane, le ferro-zirconium, le ferro-bore, le ferro-uranium etc...

Il faut ajouter qu'à l'instigation du service des poudres une usine annexe susceptible de produire annuellement 4 000 tonnes de carbure de calcium a été construite pendant la guerre.

L'ensemble de l'aciérie peut couler 60 000 tonnes annuellement, soit 35 000 à 40 000 tonnes de produits marchands. On y fabrique et transforme, pour livraisons sous toutes formes, des lingots, blooms, billettes, barres, pièces moulées et forgées, le cas échéant, des aciers de toutes nuances courantes et spéciales, normales, et, éventuellement, on peut fabriquer sur analyse pour des quantités d'au moins 3 000 kg, c'est-à-dire une coulée d'un petit four :

Lingots, maximum	15 000 kg
Pièces en acier coulé, maximum	25 000 kg
Pièces en acier coulé, minimum	5 kg
Barres laminées, de 3 à 160 mm de diamètre maximum.	
Barres forgées, de 600 mm de diamètre environ	

En annexe de l'aciérie existe une scierie mécanique desservie directement par l'embranchement des Chemins de fer de Paris-Lyon-Méditerranée et qui est capable de débiter journellement 12 m³ de bois, soit planches, solives, madriers ou charpentes. Cette scierie est complétée par un atelier de menuiserie mécanique pouvant produire 5 fois le débit de la scierie en planches à parquet, planches rainurées et languetées.

A Venthon est installée une fabrication de carborundum et de produits réfractaires à base de carborundum.

D'autre part, la Société possède à Courtepin (Suisse) une usine de ferro-alliages et de carbure de calcium de 3 000 chevaux.

Le domaine hydraulique des anciens Etablissements Paul Girod est particulièrement intéressant, non seulement en raison de son importance, mais également parce qu'il est groupé autour d'Ugine et que les débits de plusieurs de ses stations centrales seront prochainement régularisés par le lac de la Girotte, profond de 90 mètres et dont la surface est à 1736 mètres d'altitude.

Le débit moyen de ce domaine hydraulique correspond à une puissance de 25 000 kw environ, qui peut être doublée dans la période des hautes eaux.

Le total de la puissance installée est, en chiffres ronds, de 50 000 kw. Les travaux du lac et la chute de Belleville sont actuellement en cours.

Au total, la Société d'Electro-Chimie, d'Electro-Métallurgie et des Aciéries électriques d'Ugine peut produire, en moyenne, 70 000 kw correspondant à près de 700 000 000 kw-h dont la majeure partie est utilisée par les fabrications de la Société, le surplus étant exporté dans les Savoies et à Lyon.

Avril 1922

Digitized by Google

SOCIÉTÉ DES GRANDS TRAVAUX DE MARSEILLE

SOCIÉTÉ ANONYME AU CAPITAL DE 24 MILLIONS DE FRANCS

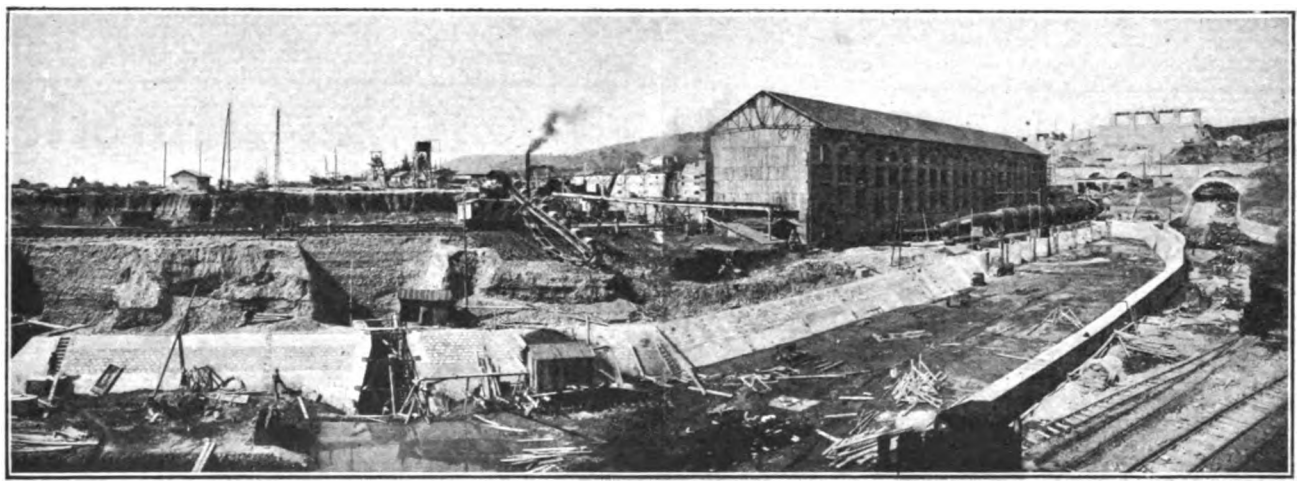
Siège social à MARSEILLE : 16, Boulevard Notre-Dame

BUREAUX A PARIS : 25, Rue de Courcelles (8e)

La Société des Grands Travaux de Marseille, fondée en 1891, a acquis une compétence spéciale dans l'industrie de l'utilisation des forces hydrauliques.

C'est ainsi qu'avec le concours de maisons amies elle vient d'achever, pour le compte de la Société « Energie électrique du Littoral méditerranéen », l'usine hydroélectrique de Sainte-Tulle sur la Durance, et qu'elle achève pour le compte de la même Société l'installation annexe d'une très importante centrale thermique.

Le canal d'amenée de l'usine hydraulique qui a 10.6 km de longueur peut débiter 120 mètres cubes par seconde. Deux conduites en béton armé de 5 m de diamètre intérieur alimentent 5 groupes de turbo-alternateurs de 7 500 kw chacun: deux de ces groupes sont en fonction depuis un an; deux autres sont en montage.



Usine de Sainte-Tulle. — Vue de l'usine hydraulique prise pendant la construction de l'usine thermique.

Le canal de fuite qui ramène les eaux à la Durance a 3.4 km de longueur. L'ensemble des deux canaux et des conduites a nécessité la construction d'ouvrages spéciaux pour une soixantaine de traversées de routes, chemins vicinaux ou ruraux, chemins de fer, canaux d'arrosage, torrents, etc.

L'usine hydraulique est prolongée, vers l'aval, par l'usine thermique de façon à faire une seule salle des machines de 175 m de longueur sur 21 m de largeur.

La partie thermique, actuellement en montage, comprendra 4 groupes turbo-alternateurs de 15 000 kw chacun, alimentés par 4 batteries de 8 chaudières chacune, contenues dans deux grands bâtiments en béton armé de 85 m par 39 m, munis des installations les plus modernes.

L'usine hydraulique et l'usine thermique ont comme annexe un bâtiment des tableaux de 75 mètres sur 12 m prolongé par un poste de 94 m sur 20 m.

Cette importante entreprise, commencée en fin 1917, et qui occupait par moment plus de 3 000 ouvriers, a été menée à bien depuis cette époque sans interruption, malgré toutes les difficultés de la guerre et de l'après-guerre.

Digitized by Google

"L'Aluminium Français"

Société anonyme au Capital de 15 000 000 francs

Siège social : 12, Rue Roquépine — PARIS (8e) — USINE A CHAMBÉRY (Savoie)

« L'Aluminium français » a été fondé en 1911 par les cinq Sociétés qui, à cette époque, représentaient l'industrie française de l'aluminium. Son capital a été entièrement souscrit par ces cinq Sociétés.

Tout en centralisant l'organisation commerciale des producteurs, la Société « l'Aluminium français » s'occupe de la transformation de l'aluminium et des alliages légers en demi-produits : plaques de laminage, billettes pour la tréfilerie, tôles, bandes, disques, tubes et profilés ; elle poursuit également dans ses laboratoires toutes les études techniques concernant les emplois et les applications industrielles de l'aluminium et de ses alliages, en s'efforçant de donner à ces travaux une large publicité au moyen de brochures, catalogues, expositions permanentes et temporaires en France et à l'étranger.

L'importance prise chaque jour par les emplois de l'aluminium en électricité a conduit « l'Aluminium français » à stimuler tout particulièrement le développement des fabrications concernant cette application. Les hautes qualités conductrices du métal jointes à cette propriété primordiale, la légèreté, tendent à le substituer au cuivre pour la construction des lignes aériennes, principalement par l'emploi de conducteurs mixtes à âme d'acier. Les types normaux de ces conducteurs à 7 brins avec âme constituée par un fil d'acier, à 37 et à 61 brins avec âme constituée par 7 fils d'acier, sont les plus couramment employés. Les questions concernant les modes de fixation de ces câbles sur leurs isolateurs, leur jonctionnement et les modes de dérivation, étant aujourd'hui résolues d'une façon entièrement satisfaisante, « l'Aluminium français » s'est préoccupé du développement de la fabrication des organes accessoires nécessaires au montage des lignes.

Dans les centrales de distribution, l'aluminium est également utilisé dans le montage des tableaux, sous forme de barres plates omnibus pour les haute et basse tensions, avec une économie sensible de métal, puisqu'un kilogramme d'aluminium remplace 2.330 kg de cuivre.

« L'Aluminium français » possède une usine à Chambéry spécialement outillée pour le laminage des tôles qui sont couramment livrées au commerce. Ces tôles ont généralement les dimensions de 1 mètre sur 2 mètres, mais un outillage perfectionné permet de traiter des plaques pouvant peser jusqu'à 600 kg et d'obtenir des tôles de 3 mètres de largeur et 9 mètres de longueur utilisées par la grosse chaudronnerie pour la fabrication des cuves, tanks de brasserie, bacs, wagons-réservoirs, matériel pour les industries chimiques et matériel roulant en général. Sous de faibles épaisseurs le métal est laminé en bandes livrées en rouleaux jusqu'à 500 mètres de longueur.

L'usine de Chambéry occupe 200 ouvriers et est alimentée en énergie par la Société des Forces motrices du Haut-Giffre-Sivaudan qui lui fournit du courant triphasé à 10 000 volts, lequel est transformé dans l'usine pour actionner 26 moteurs de 1,5 à 400 chevaux correspondant à une puissance nominale totale de 1 400 chevaux qui entraînent les différents laminoirs et les autres machines ; la capacité de production moyenne de l'usine est de 300 tonnes par an.

Société industrielle des Produits Électrochimiques Bozel-Lamotte

SOCIÉTÉ ANONYME AU CAPITAL DE 14 200 000 FR.

Siège social : 9, Rue de Milan — PARIS (9e)

Cette Société a été constituée le 6 mai 1898 sous le nom de Compagnie générale d'Electrochimie de Bozel, afin d'exploiter divers brevets dont les principaux étaient relatifs à l'électrolyse des sels alcalins halogènes. Depuis, elle s'est surtout adonnée aux industries des fours électriques.

A l'origine, le capital de la Société était de 4 000 000 francs. Il est actuellement de 14 200 000 francs.

La Société a absorbé en 1910 la Société niçoise d'Electrochimie et a fusionné le 1er juin 1922 avec la Société industrielle de Produits chimiques et la Société commerciale de Carbure et de Produits chimiques, prenant à ce moment sa raison sociale actuelle.

Il a été émis, en 1911, 3 000 000 francs d'obligations de 500 francs, 4,5 pour 100.

Installations. — I. — La Société exploite en Savoie les *Usines du Villard*, près Bozel. A proximité des usines sont :

Une mine d'anthracite appartenant à la Société.

Une carrière de calcaire reliée aux fours à chaux qu'elle alimente par un câble transporteur et une carrière de quartzite. L'énergie est fournie par :

a) La Centrale de Ballandaz qui comprend 6 groupes de 600 chevaux et 1 groupe de 1 000 chevaux.

b) La Centrale de Champagny comprend trois groupes de 3 000 chevaux avec un emplacement pour un quatrième.

La Société dispose en outre en Savoie de trois chutes non encore équipées : l'une sur le Grand Doron, 187 mètres de hauteur, avec un débit utilisable de 15 000 litres par seconde, 4 000 au minimum ; l'autre sur le Doron de Bozel de 80 mètres de hauteur, débit de 3 000 à 8 000 litres par seconde et une troisième sur le Doron de Pralognan : 510 mètres de chute, capable de donner dans les 20 0 a 25 000 chevaux.

II. — La Société exploite dans les Alpes-Maritimes l'*Usine de Plan du Var*, à 25 km de Nice.

Une carrière de calcaire, reliée par un câble transporteur traversant le Var à la ligne de chemin de fer qui dessert l'usine, approvisionne les fours à chaux qui alimentent la fabrication de carbure.

La Société possède des droits sur la chute du Haut-Var 343 m de hauteur, capable de fournir une vingtaine de milliers de chevaux.

III. — La Société exploite dans l'Oise, l'*Usine de Lamotte-Breuil*, à 14 km de Compiègne, pour la fabrication électrolytique du chlore et des alcalis caustiques. L'énergie est produite par un groupe turbo-dynamo et par des machines à vapeur d'une puissance totale de 2 800 chevaux.

IV. — La Société exploite, enfin, dans la Seine-Inférieure, l'*Usine du Tréport*.

Produits fabriqués. — Au *Villard*, la Société fabrique du carbure de calcium, du ferro-silicium à toutes teneurs, du silicium à 95 pour 100, du siliciure de calcium, etc.

Au *Plan du Var*, on fabrique du carbure de calcium du ferro-manganèse, des savons spéciaux, etc.

A *Lamotte-Breuil*, du chlore liquefié, du chlorure de chaux de l'eau de javel, des lessives de potasse et de soude caustiques, de la soude caustique, des dérivés de l'acétylène puissants dissolvants des corps gras, tétrachlorure de carbone, trichloréthylène, perchloréthylène, etc.

Au *Tréport*, la Société fabrique des monochromates et bichromates alcalins.

11 octobre 1922

Digitized by Google

TABLE DES MATIÈRES

Digitized by Google

Digitized by Google

TABLE DES MATIÈRES

Préface, par J. Blondin, directeur de la « Revue générale de l'Electricité » . . . 5

L'Œuvre et la Vie d'Ampère

Ampère, Mathématicien, par P. Appell, membre de l'Institut. 11

Ampère, Professeur au Collège de France, par Marcel Brillouin, professeur au Collège de France 21

Ampère, Son Œuvre chimique, par Louis de Launay, membre de l'Institut. . 31

Ampère, Précurseur, par A. Pérot, professeur à l'École Polytechnique. . . . 37

Ampère et la Télégraphie, par J.-B. Pomey, ingénieur en chef des Télégraphes. 41

Ampère, le Philosophe, l'Homme, par P. Boucherot, président du Syndicat des Ingénieurs électriciens français. 47

Ampère, son Œuvre en Électricité, par G. Gouy, membre de l'Institut. . . 59

Ampère, sa Vie, par H. Coquet, ingénieur E. S. E. 65

Ampère, ses Mémoires sur l'Électrodynamique. 75

Fête commémorative du Centenaire des Découvertes d'Ampère

Manifestation en l'honneur du Centenaire des Découvertes d'Ampère, sous la présidence de M. A. Millerand, président de la République française. 83

Comité de Patronage de la Manifestation. 84

Comité d'Organisation de la Manifestation. 88

Discours de M. Daniel Berthelot, président du Comité d'Organisation. . . 89

Digitized by Google

Discours de M. P. Appell, recteur de l'Académie de Paris. 95

Discours de M. P. Janet, directeur du Laboratoire central d'Électricité et de l'École supérieure d'Électricité. 97

Discours de M. Raynald Legouëz, président de l'Union des Syndicats de l'Électricité. 105

Discours de M. P. Boucherot, président de l'Union des Syndicats d'Ingénieurs. 109

Discours de M. Mailloux, président de la Commission électrotechnique internationale. 113

Discours de M. Yves Le Trocquer, ministre des Travaux publics. 137

Allocution de M. A. Millerand, président de la République française. . . 141

L'Industrie électrique française
Cent ans après les Découvertes d'Ampère.

La Construction du Matériel électrique en France, par J. Tribot-Laspière, secrétaire général de l'Union des Syndicats de l'Électricité 145

Compagnie générale électrique de Nancy 157
Société alsacienne de Constructions mécaniques 158
Compagnie française pour l'Exploitation des Procédés Thomson-Houston . . . 160
Forges et Ateliers de Constructions électriques de Jeumont. 162
Compagnie Électro-Mécanique. 164
Compagnie pour la Fabrication des Compteurs et Matériel d'usine à gaz . . . 166
Ateliers Neyret-Beylier et Piccard-Pictet. 168
Etablissements Brandt et Fouilleret 170
Compagnie générale d'Électricité. 172
Schneider et Cie. 173
Compagnie de Construction électrique, Issy-les-Moulineaux. 174
Société de Construction électrique, Lyon 175
Compagnie de Fives-Lille 176
Établissements industriels de E.-C. Grammont et de Alexandre Grammont. . 177
Ateliers de Constructions électriques de Lyon et du Dauphiné. 178
Société des Porcelaines et Appareillages électriques Grammont 180
L'Éclairage des Véhicules sur rails. 180
Ateliers Laurent Couffinhal. 181
Compagnie générale d'Électro-Céramique 182
Compagnie générale de Travaux d'Eclairage et de Force, anciens établissements Clémançon. 184

Digitized by Google

Société des anciens Établissements Cuvier fils, Wyss et Cie 185
Société française Gardy 186
Maison Bréguet 187
Compagnie générale des Câbles de Lyon 188
Établissements Jules Richard 189
Constructions électriques de France 190
Legendre frères 191
La Métallurgique électrique 192
Chauvin et Arnoux 193
Société des Accumulateurs électriques 194
Établissements Bouchayer et Viallet 195
Ateliers de Constructions électriques de Delle 196
Appareillage électrique Mizéry et Bonvoisin 197
Ateliers J. Carpentier 198
Compagnie anonyme continentale pour la Fabrication des Compteurs à gaz et autres Appareils 199
Établissements Paul Gadot 200
Da et Dutilh 200
Appareils électriques et Compteurs Garnier 201
Anciens établissements Sautter-Harlé 201
L'Electrification industrielle 202
Compagnie CEMDEN 202

Le développement des distributions d'énergie électrique en France, par C. Duval, directeur des Services électriques à la Société générale d'Entreprises et C. Lavanchy, ingénieur à la Société générale d'Entreprises. 203

Énergie électrique du Littoral méditerranéen 222
Énergie électrique du Sud-Ouest 230
Union d'Électricité 234
Énergie électrique du Nord de la France 238
Sud-Lumière 242
Électricité de Strasbourg 246
Sud-électrique 250
Société méridionale de Transport de Force 255
Compagnie parisienne de Distribution d'Énergie électrique 258
Société générale de Force et Lumière 260
Compagnie électrique de la Loire et du Centre 262
La Houve, société anonyme de Mines et d'Électricité 264
Société électrique du Nord-Ouest 266
Société électrique de la Sidérurgie lorraine 268
Société alsacienne et lorraine d'Electricité 269
Le Triphasé 270

Digitized by Google

Société d'Éclairage et de Force par l'Électricité à Paris. 271
Société des Forces motrices de la Vienne. 272
Compagnie du Gaz de Lyon 273
Les Papeteries de France 274
Société lyonnaise des Forces motrices du Rhône 275
Compagnie lorraine d'Électricité 276
Compagnie centrale d'Énergie électrique. 277
Société parisienne pour l'Industrie des Chemins de fer et des Tramways électriques. 278
Compagnie auxiliaire d'Électricité et d'Entreprises. 280
Société générale d'Entreprises 282
Compagnie générale d'Entreprises électriques 283
L'Électro-Entreprise. 284
Travaux hydrauliques et Entreprises générales. 285
Omnium lyonnais. 286

L'Aménagement des chutes d'eau en France, par G. Tochon, secrétaire général de la Société hydrotechnique de France. 287

Compagnie des Produits chimiques et électrométallurgiques Alais, Froges et Camargue 294
Compagnie universelle d'Acétylène et d'Électrométallurgie. 295
Société des Hauts Fourneaux et Forges d'Allevard. 296
Société anonyme des Hauts Fourneaux, Forges et Aciéries du Saut-du-Tarn. . 297
Société d'Électro-Chimie, d'Électro-Métallurgie et des Aciéries électriques d'Ugine. 298
Société des grands Travaux de Marseille 299
Aluminium français. 300
Société industrielle des Produits électrochimiques Bozel-Lamotte. 300

ILLUSTRATIONS

Portrait d'Ampère (planche hors texte).
Monument d'Ampère, à Lyon. 13
Statue élevée à Ampère, près de sa maison natale, à Poleymieux (Rhône). . 33
Portrait d'Ampère, d'après un dessin de Deymarie. 38
Vue de Poleymieux. 61
La maison natale d'Ampère, à Poleymieux 61
Le tombeau des deux Ampère, au cimetière Montmartre, à Paris. 69
La table et les appareils originaux d'Ampère, conservés au Laboratoire de Physique du Collège de France. 93
Fac-similé de la plaque commémorative, offerte à la commune de Poleymieux et inaugurée le 5 août 1906. 108

PARIS — SOCIÉTÉ D'IMPRIMERIE ET DE LIBRAIRIE, 17, RUE CASSETTE.

Le Gérant : J. Blondin.

Digitized by Google

Digitized by Google

12, place de Laborde
PARIS VIIIe

Digitized by Google

REVUE GÉNÉRALE DE L'ÉLECTRICITÉ

Organe de l'Union des Syndicats de l'Électricité

réunissant

LA REVUE ÉLECTRIQUE 1901-1916 — LA LUMIÈRE ÉLECTRIQUE 1879-1916

DIRECTEUR : **J. BLONDIN**, Agrégé de l'Université.

La *Revue générale de l'Electricité* a été créée en janvier 1917, à l'instigation de M. Blondel, membre de l'Institut, pour remplacer les deux principales revues électriques publiées en France à cette époque : *La Lumière électrique* et *La Revue électrique*.

La Lumière électrique était la plus ancienne revue qui ait été consacrée à l'électricité : son premier numéro date du 15 avril 1879. A la suite de l'Exposition internationale d'Electricité et du Congrès international des Electriciens qui se tinrent à Paris en 1881, cette revue prit elle-même un caractère international et groupa parmi ses rédacteurs et ses lecteurs les électriciens de tous les pays. Propriété de M. C. Herz, qui avait consacré des sommes importantes à l'entretien de cet organe, elle fut admirablement rédigée jusqu'à l'année 1894 où M. Herz, ayant dû quitter la France, s'en désintéressa.

Grâce à l'initiative du rédacteur en chef de cette époque, M. Ledeboer, elle fut continuée immédiatement sous le nom de *L'Eclairage électrique*. En février 1895, M. Ledeboer, appelé hors de France par ses occupations personnelles, résigna ses fonctions entre les mains de M. J. Blondin qui en devint le directeur scientifique jusqu'en 1904.

Pendant ces neuf années la propriété de *L'Eclairage électrique* passa successivement entre les mains de divers éditeurs. A la suite d'un nouveau changement de propriétaire en 1903, les rédacteurs de *L'Eclairage électrique* fondèrent, d'accord avec la majeure partie de son Comité de Direction et avec l'appui financier de M. A. Gauthier-Villars, éditeur libraire, *La Revue électrique* dont la direction fut confiée à M. J. Blondin. En 1908, cette revue devint l'organe de l'Union des Syndicats de l'Electricité, qui venait d'être créée; la même année, *L'Eclairage électrique*, qui continuait à paraître, reprit le nom de la publication à laquelle elle avait succédé : *La Lumière électrique*.

En 1915, M. A. Blondel, parvint à poser les jalons d'une fusion des deux revues. Grâce à l'appui moral de M. Brylinski, président de la Société française des Electriciens, au concours de M. Gabriel Cordier, président de l'Union des Syndicats de l'Electricité, à la bonne volonté de tous les intéressés, une société au capital de 400 000 francs, souscrit par 226 actionnaires, était fondée en 1916 pour l'exploitation de la nouvelle revue résultant de la fusion des deux anciennes et qui porte le nom de *Revue générale de l'Electricité*.

Depuis janvier 1917, la *Revue générale de l'Electricité* a paru régulièrement, malgré les difficultés inhérentes aux événements, chaque semaine par numéros contenant de 48 à 60 pages de texte. Actuellement chaque numéro contient normalement :

Digitized by Google

Un fascicule de 40 pages de texte où sont publiés les articles originaux et les analyses des travaux importants parus dans les revues françaises et étrangères intéressant les savants et les techniciens de l'électricité ; les matières de ce fascicule sont réparties sous cinq rubriques : Chronique, Section scientifique et technique, Section industrielle, Section économique et financière et Section de Législation :

Un fascicule de 8 pages de texte, intitulé « Bulletin R. G. E. » où sont insérés les faits-divers concernant l'industrie électrique et les industries qui s'y rattachent ; il comprend les rubriques suivantes : Machines et appareils, Nouvelles et Echos, Informations, Sociétés industrielles, Notices et Catalogues, Ouvrages récents, Brevets récents, Cours des métaux, Index économique (cours de matières premières), Index économique (pour la tarification de l'énergie électrique) ;

Un troisième fascicule de 8 pages de texte intitulé « Documentation » dans lequel sont données chaque semaine 60 à 100 courtes analyses des articles et mémoires concernant l'électricité publiés dans le monde entier ; ces analyses sont classées en sections, comme les matières du premier fascicule, et indexées suivant les règles de la classification décimale de l'Institut international de Bibliographie de Bruxelles et ne sont imprimées que sur le recto des feuilles afin d'en permettre le découpage et le collage sur fiches en vue de leur classement méthodique.

Deux fois par mois est publié un quatrième fascicule, de 8 pages de texte en moyenne, intitulé « Union des Syndicats de l'Électricité » et consacré aux travaux de cette Union et des Syndicats qui la constituent

Avec une périodicité variable est publié un fascicule de 8 à 32 pages, donnant les « Comptes rendus des Travaux de la Société hydrotechnique de France ».

Dans les mêmes conditions de périodicité sont publiés les « Comptes rendus des Travaux de la Chambre syndicale des Constructeurs du gros Matériel électrique ».

Enfin 80 pages environ d'annonces intercalées entre ces divers fascicules tiennent le lecteur au courant de toutes les nouveautés créées par l'industrie électrique française.

ADMINISTRATION & RÉDACTION

Conseil d'Administration. *Président :* M. Gabriel Cordier, président d'honneur de l'Union des Syndicats de l'Électricité, président de l'Union des Industries métallurgiques et minières. *Vice-Présidents :* MM. Raynald Legouez, président de l'Union des Syndicats de l'Électricité, vice-président de la Chambre de Commerce de Paris ; Ferdinand Meyer, président d'honneur du Syndicat professionnel des Producteurs et Distributeurs d'énergie électrique, président du Conseil d'Administration de la Compagnie continentale Edison. *Membres :* MM. Paul Bizet, Daniel Berthelot, Émile Brylinski, Henri Cahen, Charles Duval, Paul Eschwege, Eugène Fontaine, Émile Girardeau, Lazare Lévi, René Masse, Natalis Mazen, Marcel Meyer, Charles Michel, Marcel Paré, Joseph Petit, Maurice Saurel, Armand Ticier.

Comité de Rédaction. *Président :* M. André Blondel, membre de l'Institut, professeur à l'École nationale des Ponts et Chaussées. *Vice-Présidents :* MM. Émile Brylinski, président d'honneur et délégué général des Syndicats professionnels des Producteurs et Distributeurs d'Énergie électrique, président du Comité électrotechnique français ; Paul Janet, membre de l'Institut, professeur à la Faculté des Sciences de Paris, directeur du Laboratoire central et de l'École supérieure d'Électricité ; Maurice Leblanc, membre de l'Institut, ancien président de la Commission électrotechnique internationale.

Direction : M. Joseph Blondin, professeur agrégé de l'Université.

Digitized by Google

Périodiques et Ouvrages en vente aux Bureaux de la
REVUE GÉNÉRALE DE L'ÉLECTRICITÉ

Périodiques.

L'Éclairage électrique et **La Lumière électrique** (2e série) de 1896 à 1916; prix de la collection complète, **1 500** fr; numéros dépareillés, le numéro, **3** fr.

Revue générale de l'Électricité ; tomes I et II, dépareillés, le volume, **15** fr; numéros dépareillés des 11 premiers tomes, le numéro, **3** fr ; collection complète des 11 premiers tomes, **440** fr. Abonnement ; France, **75** fr; Étranger, **90** fr.

Bulletin de la Société française des Electriciens ; années 1920 et 1921, le volume, **60** fr, le numéro séparé, **8** fr. Abonnement : France, **60** fr. Étranger, **64** fr.

Journal de Physique théorique et appliquée : de 1896 à 1919 (1915 et 1918 n'ont pas paru et 1919 est incomplète) prix du volume : **50** fr; numéros dépareillés, le numéro, **5** fr. Tables de 1872 à 1901 : **20** fr.

Le Journal de Physique et le Radium : 1920 (6 mois), le volume, **30** fr ; 1921, le volume, **65** fr; numéros dépareillés, **8** fr. Abonnement : France, **65** fr; Étranger, **80** fr.

Radioélectricité : 1920-1921, le numéro, **3** fr. Abonnement : France, **30** fr, Étranger, **36** fr.

Frais de port et emballage en sus pour les collections.

Publications du Ministère de l'Agriculture.

I. Travaux du Service des grandes Forces hydrauliques (Région des Alpes)

COMPTE RENDU ET RÉSULTATS DES ÉTUDES ET TRAVAUX AU 31 DÉCEMBRE 1915

Tome VIII. — 1 vol., 26 cm × 17 cm, 664 pages avec une pochette de figures et planches, **80** fr.

Tome IX. — 1 vol., 26 cm × 17 cm, 450 pages, avec 2 pochettes de figures et planches, **100** fr.

II. Travaux du Service des grandes Forces hydrauliques (Région du Sud-Ouest)

Tome I a VIII : COMPTE RENDU ET RÉSULTATS DES ÉTUDES ET TRAVAUX

Bassin de l'Adour. Résultats obtenus au 31 décembre 1910, 1 vol. broché, **12** fr.

Bassin de la Garonne. Résultats obtenus au 31 décembre 1910, 1 vol. broché, **24** fr.

Les résultats obtenus depuis 1911 par les opérations effectuées pour chaque bassin sont réunis en pochettes-fascicules qui se vendent chacune séparément.

Bassins de la Nive, du Saison et du Gave d'Oloron (4 fascicules). — **Bassin de l'Adour** (4 fascicules).
Bassin de la Garonne (4 fascicules). — **Bassin de Salat** (5 fascicules).
Bassins de l'Ariège et de l'Aude (5 fascicules). — **Bassins de l'Agly, Têt-Tech, Signe** (2 fascicules).

III. Liste des principales Usines hydrauliques de la Région des Alpes en 1916

1 vol. broché, 26 cm × 17 cm, 27 pages avec 2 cartes en couleur, **12** fr.

Frais de port et d'emballage en sus.

Publications du Ministère des Travaux publics.

Statistique des Distributions d'Énergie électrique en France. Un volume cartonné, 43 cm × 33 cm, de 710 pages, 1920. Prix, aux bureaux : **30** fr ; port et emballage en sus : pour Paris, **5** fr. pour la province **10** fr.

Voir le compte rendu bibliographique publié dans la *Revue générale de l'Électricité*, 15 janvier 1920, t. VII, p. 73 et 93.

Publication de l'Union des Syndicats de l'Électricité.

L'Aluminium dans l'Industrie électrique.

Rapports de la XV· Commission de l'Union des Syndicats de l'Électricité, 1920.

Un volume, 28 cm × 22 cm, 104 pages et 10 planches doubles hors texte ; 11 planches simples. Prix, broché, **10** fr.

Digitized by Google

Publications du Comité électrotechnique français.

Règles françaises d'Unification du Matériel électrique. Fascicule 10 : IV. Machines électriques (matériel de traction excepté). Prix : **3,50** fr.

Comité électrotechnique français, Fascicule 11 : Statuts et Règlement intérieur. Prix : **1,25** fr
Fascicule 12 : Règles françaises d'unification du matériel électrique, V. Spécification des machines électriques.

Publications de la British Engineering Standards Association.

Ces publications contiennent le texte anglais et sa traduction française.

Règles britanniques d'unification pour les Machines électriques (Moteurs de traction exceptés).

N° 72. — Règles revisées en septembre 1917. — Prix net : **1,25** fr (port et emballage en sus).
Traduction française faite en 1918.

Règlement britannique d'unification pour les Compteurs électriques

N° 37. — Règles revisées en janvier 1919. — Prix net : **1,25** fr (port et emballage en sus).
Traduction française faite en 1920.

Spécification unifiée britannique pour Ciment de Portland

N° 12. — Règles revisées en 1920. — Prix net : **1,25** fr (port et emballage en sus).
Traduction française faite en 1921.

Spécification unifiée britannique pour les Aciers employés dans les Constructions navales

N° 13. — Règles revisées en septembre 1920. — Prix net : **1,25** fr (port et emballage en sus).
Traduction française faite en 1921.

Spécification unifiée britannique pour les Aciers employés dans la construction des Chaudières marines

N° 14. — Règles revisées en mars 1907. — Prix net : **1,25** fr (port et emballage en sus).
Traduction française faite en 1921.

Spécification unifiée britannique pour les Aciers employés dans la construction des Ponts, etc., et dans les Constructions métalliques en général

N° 15. — Règles revisées en août 1910. — Prix net : **1,25** fr (port et emballage en sus).
Traduction française faite en 1921.

Spécification unifiée britannique pour les Pièces en acier forgés, hors lingots, employées dans les Constructions navales

N° 29. — Règles revisées en novembre 1908. — Prix net : **1,25** fr (port en sus).
Traduction française faite en 1921.

Spécifications unifiées britanniques pour le Matériel roulant du Chemin de fer

N° 21. — Règles revisées en 1921. — 6 fascicules. Prix net de chacun des fascicules : **1,25** fr (port en sus).

Annuaires.

Annuaire de 1922 de l'Union des Syndicats de l'Électricité; Un volume, 22 cm × 14 cm; 1390 pages. — Prix : **30** fr.

Annuaire 1922 du Syndicat professionnel des Industries électriques ; Un volume 24 cm × 16 cm ; 1308 pages. — Prix : **30** fr.

Annuaire 1921-1922 du Syndicat professionnel des Producteurs et Distributeurs d'Energie électrique ; Un volume, 28 cm × 22 cm ; 260 pages, 20 cartes. — Prix : **20** fr.

Annuaire 1921-1922 de la Houille blanche, par Auguste Pawlowski. Un volume. 28 cm × 22 cm. 194 pages, 7 cartes. — Prix : **16** fr.

Frais de port et emballage en sus.

Digitized by Google

Ouvrages techniques

Calcul des lignes aériennes au point de vue mécanique par des abaques, par A. Blondel, membre de l'Institut. Un volume, 28 cm × 22 cm, 64 pages. Prix, broché : **5** fr.
Abaque universel, 100 cm × 75 cm. Prix : **9** fr.
Deux coefficients de majoration pour fils et câbles en cuivre, 31 cm × 21 cm. Prix : **1** fr.

Calcul électrique des lignes à haute tension au moyen d'abaques universels, par A. Blondel et Ch. Lavanchy. Une brochure, 27 cm × 21 cm, 92 pages, 30 figures. Prix, broché : **12** fr.
Abaque en 2 couleurs, 100 cm × 60 cm. Prix : **18** fr.

Cahier des charges pour les Distributions d'Énergie, par Paul Bougault, un volume, 26 cm × 17 cm, 348 pages, Prix : **25** fr.

Manuel des autorisations de voirie pour les Distributions d'Energie, par Paul Bougault, un volume, 26 cm × 17 cm, 480 pages. Prix : **20** fr.

La législation nouvelle des chutes d'eau, par Paul Bougault, un volume, 26 cm × 17 cm, 266 pages. Prix : **25** fr.

Théorie du coup de bélier, par Lorenzo Allievi, traduit par Daniel Gaden. Deux volumes brochés, 28 cm × 18 cm, 134 pages de texte, 64 figures et abaques. Prix : **6** fr.
Voir le compte rendu bibliographique publié dans la *Revue générale de l'Électricité*, 5 mars 1921, t. IX, p. 305.

Contraction de Lorentz et relativité (Cohésion, gravitation, électromagnétisme), par F. Guéry, ingénieur en chef des services électriques de l'Omnium lyonnais. Une brochure, 28 cm × 14 cm, 80 pages, 6 figures. Prix, broché : **4,50** fr.

Cours d'électricité et de magnétisme, par Émile Piérard, professeur à l'Université de Bruxelles, ingénieur en chef, directeur d'Administration des Télégraphes belges.
Tome II. Un volume, 25 cm × 17 cm, 487 pages, 284 figures. Prix : **40** fr.
Tome III. Un volume, 25 cm × 17 cm, 330 pages, 292 figures. Prix : **26** fr.
Voir les comptes rendus bibliographiques, publiés dans la *Revue générale de l'Électricité*, 11 février 1922, t. XI, p. 178 et 9 septembre 1922, t. XII, p. 338.

Comment s'est fait l'aménagement des chutes d'eau en France, par J. Tribot-Laspière. Une brochure, 24 cm × 16 cm, 39 pages. Prix : **2** fr. **50**.

Notions sommaires d'électrotechnique, par R. de Valbreuze. Un volume, 22 cm × 14 cm, 178 pages Prix : **6** fr.

Frais de port et emballage en sus.

Digitized by Google

Ouvrages divers

CAMBON (V.). — Les échanges franco-américains. Un volume 22 cm × 14 cm, 44 pages, 0,75 fr.

CAMBON (V.). — Vers l'expansion industrielle. Un volume, 22 cm × 14 cm, 56 pages, 0,50 fr.

CAMERATI (C.). — L'échauffement et la ventilation des machines électriques de grande puissance. Un vol., 22 cm×14 cm, 40 pages, 2 fr.

CHEVRIER (G.). — Etude sur les résonances dans les réseaux distribution par courants alternatifs. Un vol., 22 cm × 14 cm, 76 pages, 2,50 fr.

DALMONT (J.). — L'usure anormale des turbines. Un volume, 22 cm × 14 cm, 61 pages avec planches, 2,50 fr.

DEVAUX-CHARBONNEL. — Le télégraphe et la traction monophasée. Une brochure, 28 cm × 22 cm, 40 pages, 2 fr.

INSTITUT DE PHYSIQUE DE POITIERS. — Vers l'échange américain. Un volume, 27 cm × 20 cm, 49 pages, 1 fr.

KORDA. — La séparation électromagnétique et électrostatique des minerais. Un vol., 22 cm × 14 cm, 219 pages, 6 fr.

MAUY (P.). — Emission de signaux par les centrales électriques. Une brochure, 28 cm × 22 cm, 68 pages, 8 fr.

NIETHAMMER. — Moteurs à collecteurs à courants alternatifs. Un volume, 22 cm × 14 cm, 130 pages, 5 fr.

PIÉRARD (E.). — Théorie sommaire de la règle à calcul. Une brochure, 25 cm × 16 cm, 16 pages, 1,50 fr.

POINCARÉ (H.). — Conférences sur la télégraphie sans fil, 1909. Un volume, 22 cm × 14 cm, 86 pages, 15 figures, 2 fr.

Extraits de la « R. G. E. »

AMET (Amiral). — Utilisation des marées. Une brochure, 28 cm × 22 cm, 46 pages, 7,50 fr.

BARGETON (P.) et GENEIN (V.). — Tarification d'énergie électrique en fonction du facteur de puissance de l'abonné. Une brochure, 28 cm × 22 cm, 7 pages, 2 fr

BATICLE (E.). — Le calcul des intensités dans les transformateurs disposés suivant le montage de Scott et ses conséquences au point de vue de la puissance maximum admissible. Une brochure 28 cm × 22 cm, 4 pages, 2 fr.

BETHENOD (J.). — Diagramme des moteurs polyphasés asynchrones tenant compte de la saturation magnétique. Une brochure, 28 cm × 22 cm, 6 pages, 2 fr.

BLONDEL (A.) et CARBENAY (F.). — Méthode d'analyse expérimentale des propriétés des alternateurs. Une brochure, 28 cm × 22 cm, 24 pages, 4 fr.

BLONDEL (A.) et LAVANCHY (C.). — Contribution à la théorie des audions générateurs, conditions d'amorçage et degré d'amortissement des oscillations de faible amplitude obtenues par ces appareils. Une broch., 28 cm × 22 cm, 26 pages, 4 fr.

CARSSE (A.) et GORA (H.). — Aménagement des usines hydroélectriques de pointes. Une brochure, 28 cm × 22 cm, 19 p., 3 fr.

CHARPENTIER (P.). — Les phénomènes d'interruption dans l'huile et les possibilités de réglementation des appareils. Une brochure, 28 cm × 22 cm, 12 pages, 3 fr.

ESBRAN (E.). — La locomotive électrique et la traction des trains à grande vitesse. Une broch., 28 cm × 22 cm, 13 pages, 3 fr.

GARIEL (M.) — Etude sur les maxima de surpression dans les coups de bélier. Une brochure 28 cm × 22 cm, 18 p., 3 fr.

GIRAN (H.). — Les industries électrochimiques et électrométallurgiques dans les Pyrénées. Une brochure, 28 cm × 22 cm, 4 pages, 2 fr.

GIROUSSE (G.). — Note sur les pertes de courant qui se produisent le long d'une voie de tramway. Deux brochures, 28 cm × 22 cm, 16 pages, 4 fr.

GOUINEAU (M.). — Appareil automatique de sûreté et de contrôle des trains. Une brochure, 28 cm × 22 cm, 8 pages, 2 fr.

JANCULESCO (C.). — La commutation automatique dans la téléphonie à longue distance. Une brochure, 28 cm × 22 cm, 8 pages, 2 fr.

JBOFFRE (L.). — Le régulateur universel système Sewer, pour turbines hydrauliques à haute chute (Pelton). Une brochure, 28 cm × 22 cm, 6 pages, 2 fr.

LATOUR (M.). — Note sur le montage en récupération du moteur shunt à collecteur. Une brochure, 28 cm × 22 cm, 8 pages, 2 fr.

LEHMANN (TH.). — Calcul de l'attraction magnétique dans les machines dynamo-électriques lorsque la loi de Maxwell devient insuffisante. Une brochure, 28 cm × 22 cm, 19 pages, 3 fr.

LE MONNIER (J.). — Sur une nouvelle méthode d'essai indirecte des machines asynchrones. Une broch., 28 cm × 22 cm, 6 pages, 3 fr.

LE MONNIER (J.). — Sur les moteurs asynchrones synchronisés modernes et leur démarrage. Une brochure, 28 cm × 22 cm, 8 pages, 2 fr.

LHÉRIAUD (J.). — Le retour du courant de traction dans un réseau à courant alternatif monophasé. Une brochure, 28 cm × 22 cm, 23 pages, 3 fr.

MAYNARD (E.). — Etude sur l'utilisation des marées Une brochure, 28 cm × 22 cm, 124 pages, 15 fr.

MEYER (P.). — Les artères à 120 000 volts du réseau d'Etat de transport d'énergie électrique dans les régions libérées Une brochure, 28 cm × 22 cm, 16 pages, 3 fr.

MORIN (P.). — L'énergie hydraulique dans le Massif Central de la France. Une brochure, 28 cm × 22 cm, 12 pages, 2 fr

ŒTTINGER (C.). — Remarques sur l'établissement et l'exploitation des installations de condenseurs. Une brochure, 28 cm × 22 cm, 4 pages, 1 fr.

OTS-CHEVALIER (L.). — Essai d'une théorie générale des diagrammes vectoriels en électricité. Une brochure, 28 cm × 22 cm, 40 pages, 5 fr.

PELLIN. — Applications au repérage par le son et à la mesure des vitesses initiales. Une brochure, 27 cm × 18 cm, 20 pages (extrait du *Bulletin de la Société française des Electriciens*, n° 90), 2,75 fr.

PÉROT (A.). — Législation des unités de mesures commerciales et industrielles. Une brochure, 27 cm × 18 cm, 16 pages (extrait du *Bulletin de la Société française des Electriciens*), n° 87, 2,50 fr.

RACAPÉ (A.). — Poste de 900 kw installé sur les canalisations triphasées, 5 250 v, 50 p : 8, de la Compagnie d'Electricité de Marseille. Une brochure, 28 cm × 22 cm, 12 p. 3 fr

REYVAL (J.). — L'usine génératrice hydroélectrique de la Loue, à Mouthier. Une brochure, 28 cm × 22 cm, 24 pages, 4 fr

REYVAL (J.). — La centrale de Comines. Une brochure, 28 cm × 22 cm, 30 pages, 4 fr.

REYVAL (J.) et SUET. — L'usine hydroélectrique de Beaumont-Monteux. Une brochure, 28 cm × 22 cm, 24 pages, 4 fr.

SCOUMANNE (F.). — Une distribution nationale d'énergie électrique. Une brochure, 28 cm × 22 cm, 28 pages, 4 fr.

SPARRE (DE). — Remarques au sujet des conditions à remplir par certains dispositifs destinés à atténuer les coups de bélier dans les conduites forcées. Une brochure, 28 cm × 22 cm, 16 pages, 3 fr.

SZARVADY (G.). — Energie oscillante. Application de la loi d'Ohm et des règles de Kirchhoff aux composantes wattées et déwattées des tensions et intensités des courants périodiques quelconques. Une brochure, 28 cm × 22 cm, 12 pages, 2 fr.

THIELMANS (L.). — Calculs, diagrammes et régulation des lignes de transmission d'énergie à longue distance. Une brochure, 28 cm × 22 cm, 76 pages, 12 fr.

TOGNA (A.). — Essai de puissance réduite des alternateurs Une brochure, 28 cm × 22 cm, 13 pages, 3 fr.

WATERNAUX (M.). — Usines hydro-électriques du Louron Une brochure, 28 cm × 22 cm, 16 pages, 3,50 fr.

WATERNAUX (M.). — L'usine électrochimique de Lannemezan Une brochure, 28 cm × 22 cm, 12 pages, 3 fr.

(Frais de poste et d'emballage en sus.)

Digitized by Google

LE JOURNAL DE PHYSIQUE ET LE RADIUM

Publication de la Société française de Physique

réunissant

JOURNAL DE PHYSIQUE
THÉORIQUE ET APPLIQUÉE

FONDÉ EN 1872, PAR CH. D'ALMEIDA

LE RADIUM
(RADIOACTIVITÉ, RADIATIONS, IONISATION)

FONDÉ EN 1904, PAR JACQUES DANNE

REVUE MENSUELLE

ABONNEMENTS D'UN AN : France, 65 fr; Étranger, 80 fr.

POUR L'ANNÉE 1920, DE JUILLET A DÉCEMBRE, LES 6 NUMÉROS : FRANCE, 30 FR; ÉTRANGER, 40 FR.

LE NUMÉRO (64 à 96 pages) : 8 francs

RÉDACTION : 10, RUE VAUQUELIN, PARIS (V^e^). — ADMINISTRATION : 12, PLACE DE LABORDE, PARIS (VIIIe).

Le Journal de Physique et le Radium, qui paraît mensuellement depuis juillet 1920, résulte de la fusion du « Journal de Physique théorique et appliquée » et de la revue « Le Radium ».

Le « Journal de Physique théorique et appliquée » a été fondé en 1872, au lendemain de nos désastres, par J.-Ch. d'Almeida, en vue de développer l'étude et l'enseignement de la physique. Dès les premières années de son existence, il acquit une grande notoriété dans les milieux scientifiques par l'intérêt et la valeur des articles qu'il publiait. Tenant un juste milieu entre les « Comptes rendus de l'Académie des Sciences », où, de par les règlements, ne peuvent être publiées que de courtes notes servant en quelque sorte d'enregistrement aux découvertes scientifiques, et les « Annales de Chimie et de Physique », dans lesquelles ces découvertes sont présentées avec de longs développements, le « Journal de Physique théorique et appliquée » donnait à ses lecteurs, sous une forme à la fois suffisamment concise et suffisamment détaillée, un exposé très net des travaux des physiciens français. Il leur fournissait aussi, tant par la publication d'articles de mise au point que par celle d'une abondante et très soignée documentation bibliographique, une vue d'ensemble des plus suggestives sur l'évolution mondiale de la physique. Aussi, lors de la mort de J.-Ch. d'Almeida était-il déjà fort répandu, non seulement parmi les physiciens de France et de l'étranger, mais encore parmi tous ceux qui, à un titre quelconque, s'intéressent aux progrès des sciences physiques.

D'éminents physiciens continuèrent l'œuvre du fondateur. Ce furent d'abord MM. E. Bouty, A. Cornu, E. Mascart, A. Potier; plus tard ceux-ci s'adjoignirent M. G. Lippmann, puis M. Lucien Poincaré. En 1911, le « Journal de Physique théorique et appliquée » devint l'organe officiel de la Société française de Physique tout en restant distinct de celle-ci au point de vue financier et sa direction fut confiée à M. Amédée Guillet. Sous l'active et savante impulsion de ces physiciens, son importance technique grandit d'année en année et dès 1904 chaque volume annuel ne contenait pas moins de 1 000 à 1 100 pages. En 1914, le « Journal de Physique théorique et appliquée » était ainsi devenu une revue scientifique dont la physique française pouvait à juste titre s'enorgueillir.

La guerre vint briser cet essor. Tout d'abord la suspension des recherches scientifiques, puis leur orientation dans des buts intéressant la Défense nationale vinrent tarir les sources auxquelles s'alimentait la rédaction. Ensuite s'ajoutèrent les difficultés financières résultant de l'augmentation des prix d'impression et des cours fantastiques atteints par le papier. Pour ces diverses raisons, et malgré tous les efforts de MM. E. Bouty et Amédée Guillet, le « Journal de Physique théorique et appliquée » ne put paraître que d'une façon irrégulière pendant ces dernières années.

La revue « Le Radium » a été fondée en 1904, par Jacques Danne dans le but de diffuser les résultats des nombreux travaux que venait de faire éclore la découverte récente du radium. Il était particulièrement consacré à la radioactivité et à l'étude des radiations. Comme le « Journal de Physique », il publiait une documentation bibliographique abondante et soignée pour les parties de la physique dans lesquelles il s'était spécialisé.

La guerre vint en suspendre la publication après dix ans d'existence. En 1919, la publication reprenait et malgré la mort de Jacques Danne, survenue en mars 1919, continuait jusqu'au moment où fut décidée la fusion de cette revue avec le « Journal de Physique ».

Il importait, pour le bon renom de la science française, que le « Journal de Physique » reprît désormais une publication régulière. Mais il fallait surmonter des difficultés financières que connaissent encore, à l'heure actuelle la plupart des revues scientifiques et techniques.

Digitized by Google

Pour atteindre ce dernier but, il parut que la meilleure solution était la fusion des deux revues « Le Radium et « Journal de Physique » et la formation d'une société financière dotée d'un capital suffisant pour assurer l'exploitation de la nouvelle revue résultant de cette fusion.

Les concours ne manquèrent pas pour sa réalisation : MM. Bouty et Guillet, propriétaires du « Journal de Physique », désireux de voir la France enfin dotée d'un périodique solidement organisé et disposant de ressources propres à assurer son développement et lui permettre de refléter tous les aspects de la physique, firent don gracieux de la propriété du « Journal de Physique » à la Société française de Physique. Celle-ci, d'accord avec M. Gaston Danne, frère du fondateur de « Le Radium », réalisa la fusion des deux publications en une seule, et décida de confier la gestion de celle-ci, pour une durée prolongée, à une société spécialement formée dans ce but. Les larges libéralités de quelques personnes s'intéressant à la physique, les souscriptions plus modestes de nombreux physiciens, permirent la réunion d'un capital de 300 000 fr divisé en 1 200 actions réparties entre près de 250 actionnaires et le 27 juillet 1920 la Société « Journal de Physique » était constituée.

Pendant que se poursuivaient les négociations relatives à la fusion des deux publications et à la formation de la société, les personnes chargées de la réduction ne restaient pas inactives. Aussi dès sa première séance, le Conseil d'Administration de la société exploitante pouvait-il décider que le premier numéro de la nouvelle revue serait daté de juillet 1920 et que 6 numéros seraient publiés au cours de cette année 1920. Le nombre des pages de chaque numéro varie de 64 à 80; pour indiquer leur contenu nous ne pouvons mieux dire que de donner l'extrait suivant de l'avertissement de M. P. Langevin qui se trouve en tête du premier numéro.

EXTRAIT DE L'AVERTISSEMENT

Dans l'esprit de ceux qui auront à diriger le nouvel organe, son but essentiel sera de représenter dans ses diverses manifestations l'activité scientifique des physiciens de langue française ou des étrangers qui voudront bien les honorer de leur collaboration, et de leur fournir au point de vue bibliographique les informations abondantes et rapides dont ils ont besoin.

Dans le cadre dont nous disposons et que nous espérons pouvoir élargir à brève échéance, le choix que nous aurons à faire entre les articles originaux qui nous seront adressés et la place que nous pourrons leur accorder seront déterminés uniquement par le souci d'obtenir une expression exacte et impartiale du travail de tous, avec une tenue générale fidèle à nos traditions de précision et de clarté.

La moitié de chaque numéro sera, jusqu'à nouvel ordre, consacrée aux analyses des livres nouveaux et des mémoires parus dans les plus importants des périodiques français et étrangers et pourvue d'une pagination spéciale permettant la reliure séparée. Par entente avec les publications bibliographiques étrangères et en participant à une organisation générale qui s'élabore actuellement en France, nous espérons pouvoir dans un avenir prochain, publier chaque mois un fascicule spécial consacré à la nomenclature et à l'analyse de tous les travaux et ouvrages relatifs à la physique.

Nous ferons également une grande place à une autre forme de documentation, particulièrement utile à une époque de travail intensif où les résultats s'accumulent et où les points de vue se modifie si rapidement : celle des exposés d'ensemble et des mises au point de questions importantes et actuelles.

Nous faisons appel à la bonne volonté de tous pour nous aider à fortifier le lieu que la Société française de Physique voudrait établir ici entre ceux qui ont l'amour de notre science.

RÉDACTION ET ADMINISTRATION

Directeur scientifique : M. P. Langevin, professeur au Collège de France.

Directeur administratif : M. J. Blondin, professeur au Lycée Rollin, directeur de la « Revue générale de l'Electricité »,

Secrétaire de la Rédaction : M. L. Brillouin, agrégé de l'Université, docteur ès sciences.

Comité de Direction : MM. P. Langevin, Léon Bloch, G. Danne, A. Guillet.

Commission de Rédaction : MM H. Abraham, Léon Bloch, J. Blondin, E. Bouty, M. Brillouin, M. de Broglie, A. Cotton, Mme P. Curie, MM. G. Danne, G. Darzens, Dunoyer, Ch. Fabry, Ch.-Ed. Guillaume, A. Guillet, P. Langevin, Ch. Maurain, J. Perrin, Rutherford, P. Weiss.

Collaborateurs pour les analyses : MM. Bancelin, Bauer, Boll, Broglie (L. de), Bruhat, Brunhaus, Canac, Courtine, Croze, Dauvillier, Déjardin, Foch, Foex, Fortin, Fortrat, Girard (P.), Gorce (P. de la), Grumbach, Gutton, Guyot, Hache, Henriot, Job (P.), Jouaust, Labrouste, Letellier, Levaillant, Lugol, Mauguin, Mercier, Mouton, Pauthenier, Ribaud, Salet, Salles, Saphores, Sève, Soury, Tournier, Touvy, Villey, Wourtzel.

Adresser la correspondance : Pour tout ce qui concerne l'Administration (Abonnements, Vente au numéro, Publicité, etc.) à l'Administrateur, 12, place de Laborde, PARIS, VIIIe (Tél. : Wagram 90-34). Pour tout ce qui concerne la Rédaction (Articles, Analyses, Epreuves, etc.) au Secrétaire de la Rédaction, 10, rue Vauquelin, PARIS Ve.

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

32101 049824236

Digitized by Google

Digitized by Google